



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ



**«ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ
ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ»**



ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΑΓΟΥΡΙΔΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

08104035

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2016

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΒΕΝΤΙΚΟΣ

Κατάλογος περιεχομένων

A. ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
A.1 Abstract.....	7
Ευχαριστίες.....	8
B. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
B.α Γεωτρήσεις	12
α.1 Εξερεύνηση υδρογονανθράκων	12
α.2 Διερευνητική γεώτρηση	13
ΚΕΦΑΛΑΙΑ	17
1. Είδη θαλασσίων κατασκευών εξόρυξης και παραγωγής πετρελαίου και φυσικού αερίου ..	17
1.1 Σταθερές Κατασκευές.....	18
1.1.1 Μεταλλικά χωροδικτυώματα (jackets).....	19
1.1.2 Πλατφόρμες STAR.....	21
1.1.3 Πλατφόρμες βαρύτητας.....	23
1.2 Ενδίδουσες κατασκευές.....	29
1.2.1 Guyed towers.....	30
1.2.2 Πλατφόρμες TLP.....	33
1.2.3 Αρθρωτοί πύργοι	37
1.3 Πλωτές κατασκευές.....	38
1.3.1 Είδη πλωτών κατασκευών	39
1.3.2 Γεωτρητικά σκάφη	40
1.3.3 Βυθιζόμενες και ημι-βυθιζόμενες πλατφόρμες	41
1.3.4 Πλατφόρμες jack-up.....	44
1.3.4.1 Γάστρα (hull).....	46
1.3.4.2 Πυλώνες και πέδιλα (Legs and footings)	48
1.3.4.3 Εξοπλισμός (Equipment).....	50
1.3.5 Πλατφόρμες spar	51
1.3.6 FPSO	58
1.3.7 Σύγκριση θαλασσίων κατασκευών.....	62
2. Είδη ατυχημάτων.....	64
2.1 Ορισμοί.....	64
2.2 Αίτια ατυχημάτων.....	65
2.3 Ανθρώπινος παράγοντας.....	67
2.4 Επιπτώσεις ατυχημάτων υπεράκτιων κατασκευών	70
2.5 Κατηγορίες Ατυχημάτων	72
2.6 Είδη ατυχημάτων υπεράκτιων πλατφορμών	73
2.7 Blowout	74
2.8. Σύγκρουση.....	82
2.9 Ατυχήματα στη παράκτια βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου	87
2.9.1 Τα δυστυχήματα με τις περισσότερες ανθρώπινες απώλειες	87
2.9.2 Τα πιο κοστοβόρα ατυχήματα/δυστυχήματα	89
2.10. Deepwater Horizon.....	89
2.10.1 “Η BP ευθύνεται για την πετρελαιοκηλίδα στο Μεξικό”	91
2.11. Το κοίτασμα Mumbai (Bombay) High North.....	95
2.11.1 Οι συνθήκες.....	98
2.12 Usumacinta.....	99

2.13 Πλατφόρμα Kolskaya.....	101
3. Νομοθεσία ατυχημάτων στην Ελλάδα	103
3.1 Η ευρωπαϊκή πολιτική για τα ατυχήματα σε υπεράκτιες δραστηριότητες.....	103
3.1.1 Οι υποχρεώσεις των κρατών-μελών της ΕΕ.....	104
3.1.2 Έλεγχος από ανεξάρτητες αρχές	105
3.1.3 Σχέδια αντιμετώπισης από εταιρείες και κράτη	106
3.1.4 Υπεύθυνες οι εταιρείες	106
3.1.5 Επιθεωρητές και αρμόδιες εθνικές αρχές.....	106
3.1.6 Στοχοθεσία.....	107
3.2 Διαδικασία υποβολής Μελέτης Ασφαλείας Έργου (άρθρο 9 και 10 της Οδηγίας).....	108
3.2.1 Αξιολόγηση της Μελέτης Ασφαλείας - Εφαρμογή στην ελληνική νομοθεσία	110
3.2.2 Συμπληρωματικά στοιχεία	111
3.3 Σχέδια Έκτακτης Ανάγκης.....	112
3.3.1 Εσωτερικά σχέδια έκτακτης ανάγκης.....	112
3.3.2 Εξωτερικά σχέδια έκτακτης ανάγκης για το σχεδιασμό αντιμετώπισης τεχνολογικών ατυχημάτων μεγάλης έκτασης.....	113
3.4 Μελέτη Περιβαλλοντικών επιπτώσεων.....	114
3.5 Διεθνής σύμβαση για την πρόληψη της ρύπανσης από τα πλοία (MARPOL)	117
3.6 Συμφωνία για την Διατήρηση των Κητωδών στην Μαύρη Θάλασσα, την Μεσόγειο Θάλασσα και την Συγκείμενη Ζώνη του Ατλαντικού (ACCOBAMS).....	120
3.7 Σύμβαση της Στοκχόλμης για τους έμμοιους ρύπους (POP).....	121
3.8 Σύμβαση του Aarhus	122
3.9 Σύμβαση για τα αποδημητικά είδη (CMS ή Σύμβαση της Βόννης)	124
3.10 Σύμβαση Ramsar.....	125
3.11 Σύμβαση της Βέρνης	125
3.12 Σύμβαση για την βιολογική ποικιλομορφία (CBD)	126
3.13 Οδηγία περί πτηνών (2009/409/ΕΚ)	127
3.14 Πρότυπα λυμάτων	127
4. Εφαρμογή της Θεωρίας Λήψης Αποφάσεων του Bayes για τον έλεγχο Blowout	129
4.1 Εισαγωγή.....	129
4.2 Βασικές έννοιες στη Θεωρία Λήψης Αποφάσεων.....	129
4.3 Διαδικασία Λήψης Αποφάσεων	130
4.4 Θεώρημα Bayes.....	131
4.5 Η Στατιστική Θεωρία Λήψης Αποφάσεων Κατά Bayes.....	132
4.6 Η Διαδικασία Λήψης Αποφάσεων κατά Bayes	132
4.7 Το πρόβλημα ελέγχου αποτροπής Blowout υπό το πρίσμα της Διαδικασίας Λήψης Αποφάσεων κατά Bayes.....	133
5. Μαθηματική Ανάλυση για γεγονότα blowout	134
5.1 Κατανομή Poisson	134
5.2 Διαμόρφωση της συνάρτησης απώλειας	135
5.3 Συνάρτηση επιδίωξης.....	136
5.4. Συνάρτηση επικινδυνότητας Bayes.....	138
5.4.1 Η πιθανότητα γεγονότος blowout ως άγνωστη παράμετρος.....	138
5.4.2 Η περιγραφή της συνάρτησης πυκνότητας-πιθανότητας της προγενέστερης πληροφορίας	138
5.4.3 Υπολογισμός της Συνάρτησης Επικινδυνότητας του Bayes για το ενδεχόμενο να προκύψει blowout.....	139

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

6. Υπολογισμός των παραμέτρων της προγενέστερης κατανομής για ενδεχόμενο γεγονός blowout.....	140
6.1 Εφαρμογή της παραμετρικής ανάλυσης του μοντέλου Bayes στις περιοχές του Κόλπου του Μεξικό, της Μεγάλης Βρετανίας και της Νορβηγίας.....	141
6.2 Ανάλυση Ευαισθησίας.....	142
Γ. Συμπεράσματα.....	146
Δ. ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	147
Ε. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ.....	148

A. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διερεύνηση και η λήψη αποφάσεων σε σχέση με την ασφάλεια σε πλωτές αποτελεί το βασικό αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Εστιάζοντας στην καθοριστική σημασία του ανθρωπίνου παράγοντα στα υπεράκτια ατυχήματα, αναδεικνύεται η σημασία και ο ρόλος του στην αποφυγή blowouts και collisions. Για την πρώτη κατηγορία ατυχημάτων θα αναζητηθεί η οριακή τιμή κόστους, για μια εταιρεία, αγοράς ενός αποτροπέα εκρήξεων (Blowout Preventer).

Στο πρώτο κεφάλαιο της Διπλωματικής Εργασίας αποτυπώνονται τα στάδια διερεύνησης και εκμετάλλευσης υδρογονανθράκων, παρουσιάζονται τα σημαντικότερα είδη θαλασσιών κατασκευών εξόρυξης και παραγωγής πετρελαίου και φυσικού αερίου, και κατηγοριοποιούνται σε σταθερές, ενδίδουσες και πλωτές. Για κάθε κατασκευή, παραθέτονται οι τρόποι εκμετάλλευσής της, η περιοχή που δύναται να χρησιμοποιηθεί, ενώ στο τέλος γίνεται και σύγκριση ως προς τα χαρακτηριστικά τους.

Το δεύτερο κεφάλαιο επεξεργάζεται τις δύο πιο επικίνδυνες κατηγορίες ατυχημάτων, δηλαδή τα ατυχήματα blowout και σύγκρουσης πλατφορμών με πλοία (collisions). Ορίζονται τα ατυχήματα που συνδέονται με τις εργασίες σε πλατφόρμες και μη, σκιαγραφούνται τα πιο σημαντικά αίτια με έμφαση στον ανθρώπινο παράγοντα και καταδεικνύονται οι δυσμενέστερες των συνεπειών τους. Παράλληλα, παρουσιάζονται στοιχειωδώς τα μεγαλύτερα ατυχήματα στην παράκτια βιομηχανία από πλευράς κόστους και ανθρώπινων απωλειών. Το κεφάλαιο κλείνει με μία σύντομη παρουσίαση κάποιων μεγάλων με κυριότερο το σχετικά πρόσφατο Deepwater Horizon.

Ακολουθεί το ευρωπαϊκό νομοθετικό πλαίσιο, που διέπει τους κανόνες ασφαλείας που θα πρέπει να τηρούνται σε πλατφόρμες εξόρυξης υδρογονανθράκων -που αυστηροποιήθηκαν σε μεγάλο βαθμό μετά το συμβάν του Deepwater Horizon. Ειδική μνεία γίνεται στην ελληνική νομοθεσία, την οποία θα πρέπει να τηρούν οι εταιρείες που δραστηριοποιούνται στην υπεράκτια βιομηχανία.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρατίθεται η Στατιστική Θεωρία Αποφάσεων κατά Bayes, η οποία παίζει σημαντικό ρόλο, κυρίως σε ό,τι αφορά προβλήματα που ανακύπτουν για τους μηχανικούς, καθώς χρησιμοποιεί ταυτόχρονα τη χρήση της στατιστικής πληροφορίας και της ποιοτικής πληροφορίας για την λήψη αποφάσεων, συνδυάζοντάς τις με το οικονομικό κόστος μέσω της κατασκευής της Συνάρτησης Απώλειας (Loss Function). Υπό το πρίσμα της συγκεκριμένης προσέγγισης, ως βέλτιστη απόφαση είναι αυτή που μεγιστοποιεί την αναμενόμενη χρησιμότητα ή, αντίστοιχα, ελαχιστοποιεί την

αναμενόμενη απώλεια. Ως εκ τούτου, στην παρούσα Διπλωματική Εργασία διαμορφώνεται η δομή του μοντέλου λήψης απόφασης, για την επιλογή της βέλτιστης απόφασης.

Στη συνέχεια, εξετάζεται το ενδεχόμενο εγκατάστασης ενός πολύ φθηνού συστήματος (BOP) αποφυγής blowout ή την εγκατάσταση ενός πολύ ακριβού τέτοιου συστήματος, με την εφαρμογή ενός στοχαστικού μοντέλου που μπορεί να βασίζεται στην προγενέστερη πληροφορία που ανακτάται από την κατανομή των blowout που συνέβησαν. Παράλληλα, αναζητάται η αναμενόμενη τιμή της συνάρτησης απώλειας, σε σχέση με την τυχαία μεταβλητή, και αναφέρεται στην κλασική θεωρία λήψης αποφάσεων ως Συνάρτηση επικινδυνότητας (Risk Function) ή Συνάρτηση επιδίωξης (Goal Function). Συνεχίζοντας της ανάλυση, καταλήγω στην κατασκευή της υποκειμενικής προγενέστερης πληροφορίας.

Όπως προκύπτει, η βέλτιστη απόφαση του Bayes (optimal Bayes decision) λαμβάνεται για την ενέργεια που ελαχιστοποιεί τη συνάρτηση επικινδυνότητας του Bayes, δηλαδή το ουδέτερο σημείο, το οποίο διαχωρίζει σε δύο διαστήματα την προτίμηση μεταξύ των ενεργειών (εγκατάσταση φθηνού ή ακριβού BOP). Έτσι, επιβεβαιώνεται η σημασία της λήψης των ισχυροτέρων δυνατών προληπτικών μέτρων ασφαλείας, καθώς σε περίπτωση ατυχήματος και συγκεκριμένα ενός blowout, οι οικονομικές απώλειες για τη διαχειρίστρια εταιρεία ενός κοιτάσματος είναι τεράστια. Η διπλωματική ολοκληρώνεται με την παρουσίαση των συμπερασμάτων, καθώς και των περιορισμών της έρευνας αυτής, ενώ περιλαμβάνονται και ορισμένες προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

A.1 Abstract

Aiming with the following thesis to study and analyse, with the use of statistics, accidents on offshore structures, I argue on the role of human factor at the prevention of blowouts and collisions. What is more, my aim is to decide on the marginal cost for a company to buy a Blowout Preventer.

In the first chapter, are presented the steps of investigating and exploiting hydrocarbons and the kinds of offshore drilling platforms, on which one can produce oil or natural gas. The comparison of the characteristics of each structure is complementing this theoretical part.

In the second chapter, blowout accidents and ship collisions are analysed from the perspective of their causes, of their cost and of the losses of human lives. Moreover, are presented the major accidents in offshore industry. The European legislative framework governing the safety rules to be observed in hydrocarbon extraction platforms -which largely severed after the Deepwater Horizon incident- is presented in the third chapter and also the Greek law, with regard to Energean Oil's Environmental Impact Study. Specific reference is made to the Greek legislation, which should be met by companies operating in the offshore industry.

As far as the mechanical problems on offshore structures are concerned, in the fourth chapter I use the Bayes's Statistical Theory of Decision, merging it with the economic cost resulting from the Loss Function. In light of this approach, as the best decision is one that maximizes expected utility or, respectively, minimizes the expected loss. Therefore, in this thesis I configure the structure of a stochastic model based on past blowout accidents, in search for the expected loss function value with respect to the random variable and refers to classical decision theory as the hazard function (Risk Function) or pursuit function (Goal Function). Continuing the analysis, I conclude the construction of subjective prior information.

I argue that the optimal Bayes's decision is which minimizes the Risk Function, between the cases of bying a cheap or expensive BOP. This confirms the importance of taking the strongest possible preventive security measures, in case of accident, namely a blowout, economic losses for the managing company of a deposit is huge. H diplomatic ends with the presentation of the findings, and the limitations of this research, and includes some suggestions for future research.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα:

- τον κ. Νικόλαο Βεντίκο, επίκουρο καθηγητή του Τμήματος Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, για την ανάθεση και την επίβλεψη της παρούσας διπλωματικής εργασίας,
- την οικογένειά μου και ιδιαίτερα τους γονείς μου, που με στηρίζουν σε κάθε μου βήμα
- όλους τους παιδικούς φίλους μου
- τους συμφοιτητές μου Χρήστο Πολλάλη, Κώστα Μουρνιανάκη, Θεοδόση Τσαούση, Δημήτρη Σούρσο και Ηλία Μπιλάλη για όλη τη βοήθεια που μου προσέφεραν
- τη Μίνα Κωστοπούλου για τη στήριξή της

Τέλος, θα ήθελα να αφιερώσω αυτήν την προσπάθεια στη μνήμη του φίλου μου Ένι Ζούρντα.

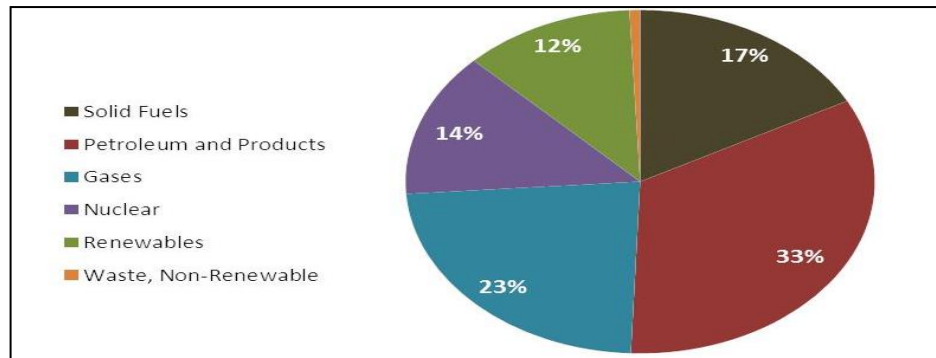
B. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ιστορική περίοδος της πετρελαϊκής βιομηχανίας ξεκίνησε το 1859 στην περιοχή Titusville της Pennsylvania, όταν για πρώτη φορά το πετρέλαιο βγήκε από ένα πηγάδι βάθους 69,5 ποδιών (~21 μέτρων) υπό μορφή πίδακα. Πριν το γεγονός αυτό μεγάλος αριθμός πηγαδιών είχαν ορυχθεί για παραγωγή νερού ή νάφθας για στεγανοποιήσεις, φωτισμό ή και ιατρικές χρήσεις.

Το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο αποτελούν τους κύριους ενεργειακούς πόρους για την εύρυθμη λειτουργία της βιομηχανίας και της κοινωνίας, καθώς συνιστούν το 80% της παγκόσμιας ενεργειακής κατανάλωσης, ενώ θεωρούνται απαραίτητα για την κάλυψη των αναγκών των ανεπτυγμένων χωρών. Το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται ως καύσιμο και πρώτη ύλη της χημικής βιομηχανίας. Η κατανάλωσή του αυξήθηκε με ραγδαίους ρυθμούς τα τελευταία 70 χρόνια και, σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας (ΔΟΕ), αναμένεται ότι το 2030 το φυσικό αέριο θα καλύπτει το 22% των παγκόσμιων ενεργειακών αναγκών.

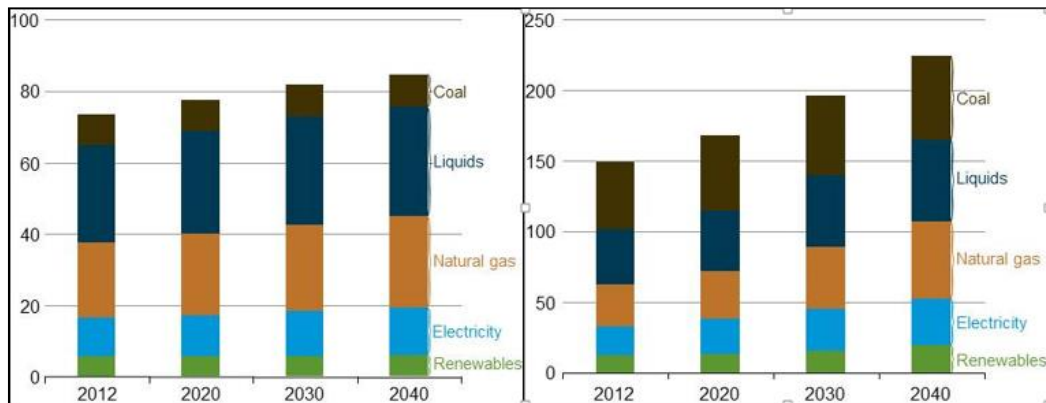
Για την εγχώρια κατανάλωση της Ευρωπαϊκής Ένωσης, το πετρέλαιο κάλυψε το 33% των αναγκών το 2013 ενώ το φυσικό αέριο το 23%, ποσοστά τα οποία δεν αναμένεται να αλλάξουν δραματικά την επόμενη 15ετία, σύμφωνα με σενάρια της Κομισιόν. Η χρήση φυσικού αερίου είναι ιδιαίτερος σημαντική για την παγκόσμια βιομηχανία. Σύμφωνα με πρόσφατη μελέτη του ΟΟΣΑ (Μάιος 2016), οι βιομηχανίες σε κράτη-μέλη του ΟΟΣΑ θα χρησιμοποιούν το 2040 κατά 30% φυσικό αέριο προκειμένου να καλύψουν το σύνολο των ενεργειακών τους αναγκών, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για κράτη μη μέλη θα φτάνει το 25%.

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ



Σχήμα 1: Ακαθάριστη κατανάλωση της Ε.Ε-28 το 2013

Πηγή: Commission Staff Working Document. (Νοέμβριος 2015). Προσπελάστηκε 2/11/2016 στο <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52015SC0242>



Σχήμα 2: OECD, Σενάριο ενεργειακών αναγκών βιομηχανιών τα επόμενα χρόνια σε παγκόσμιο επίπεδο (αριστερά για κράτη-μέλη του ΟΟΣΑ-δεξιά για κράτη μη μέλη του ΟΟΣΑ). Η μονάδα μέτρησης της ενέργειας είναι σε τετράκις εκατομμύρια BTU.

Πηγή: OECD. (Μάιος 2016). International Energy Outlook 2016. Washington: U.S. Energy Information Administration. Προσπελάστηκε στις 9/9/2016 στο www.eia.gov/forecasts/ieo

Η συνεχόμενη αύξηση αυτών των ενεργειακών αναγκών οδήγησε στην εντατικοποίηση των δραστηριοτήτων εκμετάλλευσης κοιτασμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου σε θαλάσσιο περιβάλλον, καθώς τα γεωλογικά αποθέματα δεν επαρκούσαν.

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Με την των ενεργειακών αναγκών σε παγκόσμιο επίπεδο, η ζήτηση για φυσικούς πόρους, παρουσίασε τεράστια αύξηση. Ως εκ τούτου, τα αποθέματα υδρογονανθράκων στην ξηρά δεν επαρκούσαν για την κάλυψη των ανωτέρω αναγκών, με αποτέλεσμα την αναζήτηση φυσικών πόρων στη θάλασσα.

Για το λόγο αυτό ξεκίνησε η παραγωγή πετρελαίου offshore. Με την πάροδο του χρόνου, η υπεράκτια βιομηχανία σημείωσε ταχύτατη εξέλιξη και έτσι, σήμερα η εξόρυξη και παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου από κοιτάσματα στην ανοικτή θάλασσα είναι πλέον συνήθης. Η έρευνα και εκμετάλλευση υδρογονανθράκων επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ενός μεγάλου φάσματος θαλασσιών κατασκευών και ναυπηγημάτων. Κατά την αρχική φάση αναζήτησης υδρογονανθράκων, χρησιμοποιούνται συνήθως πλωτές εξέδρες για τη γεώτρηση, προκειμένου να καθοριστεί η ύπαρξη υδρογονανθράκων στη συγκεκριμένη περιοχή. Εάν η διαδικασία γεώτρησης αποδειχθεί επιτυχής, τότε μπορεί να τοποθετηθεί στο σημείο μία μόνιμη πλατφόρμα παραγωγής.

Αξίζει να σημειωθεί πως και η Ελλάδα έχει υψηλό ενδιαφέρον για την εξόρυξη υδρογονανθράκων. Η ιστορία της έρευνας και εκμετάλλευσης (E&E) υδρογονανθράκων (Υ/Α) στην Ελλάδα ξεκίνησε περί τα τέλη της δεκαετίας του 30 με την πρώτη ανακάλυψη κοιτάσματος στο Βόρειο Αιγαίο και πιο συγκεκριμένα στην περιοχή του Πρίνου, από την κοινοπραξία Oceanic, Colorado. Σε αυτή τη φάση, η χώρα μας έχει θέσει σε εφαρμογή μεγάλα εγχειρήματα σε πετρέλαιο και φυσικό αέριο, όπως στο κοιτάσμα του Πρίνου, το οποίο παράγει πετρέλαιο κάθε μέρα, ενώ έχουν ξεκινήσει οι διαδικασίες και στο Κατάκολο Ηλείας.



Σχήμας 3: Σύμπλεγμα των εξεδρών του Πρίνου

B.α Γεωτρήσεις

α.1 Εξερεύνηση υδρογονανθράκων

Στο πρώτο στάδιο της έρευνας για υδρογονάνθρακες, φέροντες βραχώδεις σχηματισμοί και γεωλογικοί χάρτες εξετάζονται στο γραφείο ώστε να ταυτοποιηθούν οι κύριες ιζηματογενείς λεκάνες. Αργότερα μπορεί να χρησιμοποιηθούν φωτογραφίες για τον εντοπισμό υποσχόμενων γεωλογικών σχηματισμών, όπως ρήγματα και αντίκλινα. Πιο λεπτομερείς πληροφορίες αποκτούνται με γεωλογική αξιολόγηση πεδίου, οι οποίες συνοδεύονται και με μία από τις εξής τρεις κύριες εξερευνητικές μεθόδους που είναι οι παρακάτω: μαγνητική, βαρυτική, σεισμική.

Η **μαγνητική** μέθοδος βασίζεται στη μέτρηση της πυκνότητας του μαγνητικού πεδίου, το οποίο αντανακλά τον μαγνητικό χαρακτήρα διαφόρων βραχωδών σχηματισμών, ενώ η **βαρυτική** μέθοδος περιέχει τις μετρήσεις μικρών διακυμάνσεων στο βαρυτικό πεδίο στην επιφάνεια της γης. Οι μετρήσεις γίνονται τόσο στην ξηρά όσο και στη θάλασσα χρησιμοποιώντας αεροσκάφη ή και πλοία αντίστοιχα.

Η **σεισμική** μέθοδος¹ είναι η πιο κοινή μέθοδος αξιολόγησης και συχνά η πρώτη δραστηριότητα πεδίου που αναλαμβάνεται. Η σεισμική μέθοδος χρησιμοποιείται για την ταυτοποίηση γεωλογικών σχηματισμών και βασίζεται στις διαφορετικές ανακλαστικές ιδιότητες των ηχητικών κυμάτων πάνω σε διάφορα στρώματα γεωλογικών σχηματισμών κάτω από επίγειες ή ωκεάνιες επιφάνειες. Μία ενεργειακή πηγή μεταδίδει ηχητικό παλμό στο έδαφος, ο οποίος ταξιδεύει σαν κύμα στο εσωτερικό της γης. Σε κάθε σημείο όπου υπάρχουν διαφορετικά γεωλογικά στρώματα, ένα μέρος της ενέργειας μεταδίδεται προς τα κάτω σε βαθύτερα στρώματα, ενώ το υπόλοιπο ανακλάται πίσω στην επιφάνεια. Εκεί παραλαμβάνεται από μια σειρά ευαίσθητων δεικτών, τα γεώφωνα ή σεισμόμετρα στην ξηρά, ή υδρόφωνα βυθισμένα στο νερό. Ειδικά καλώδια μεταδίδουν τα ηλεκτρικά σήματα που λαμβάνονται

¹ Βλ. σχετικά: -Environmental management in oil and gas exploration and production: An overview of the oil and gas exploration and production process (1997). Joint E&P Forum, United Nations Environment Programme (UNEP). Oxford, UK: Words and Publications. Προσπελάστηκε 10/6/2016 στο www.ogp.org.uk/pubs/254.pdf

-Καρώνης Δ. Λόης Ε. Ζαννίκος Φ. Προέλευση, Μηχανισμοί Συσσώρευσης, Έρευνα και Παραγωγή Αργού Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου, στο Τεχνολογία Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου (2011), Αθήνα: ΕΜΠ. Προσπελάστηκε 19/5/2016 στο www.chemeng.ntua.gr/courses/pngtech/news_files/webdoc_22_2_6_2014.pdf

σε ένα κινητό εργαστήριο όπου αυτά ενισχύονται και φιλτράρονται και στη συνέχεια ψηφιοποιούνται και καταγράφονται σε μαγνητικές ταινίες για ερμηνεία.

α.2 Διερευνητική γεώτρηση

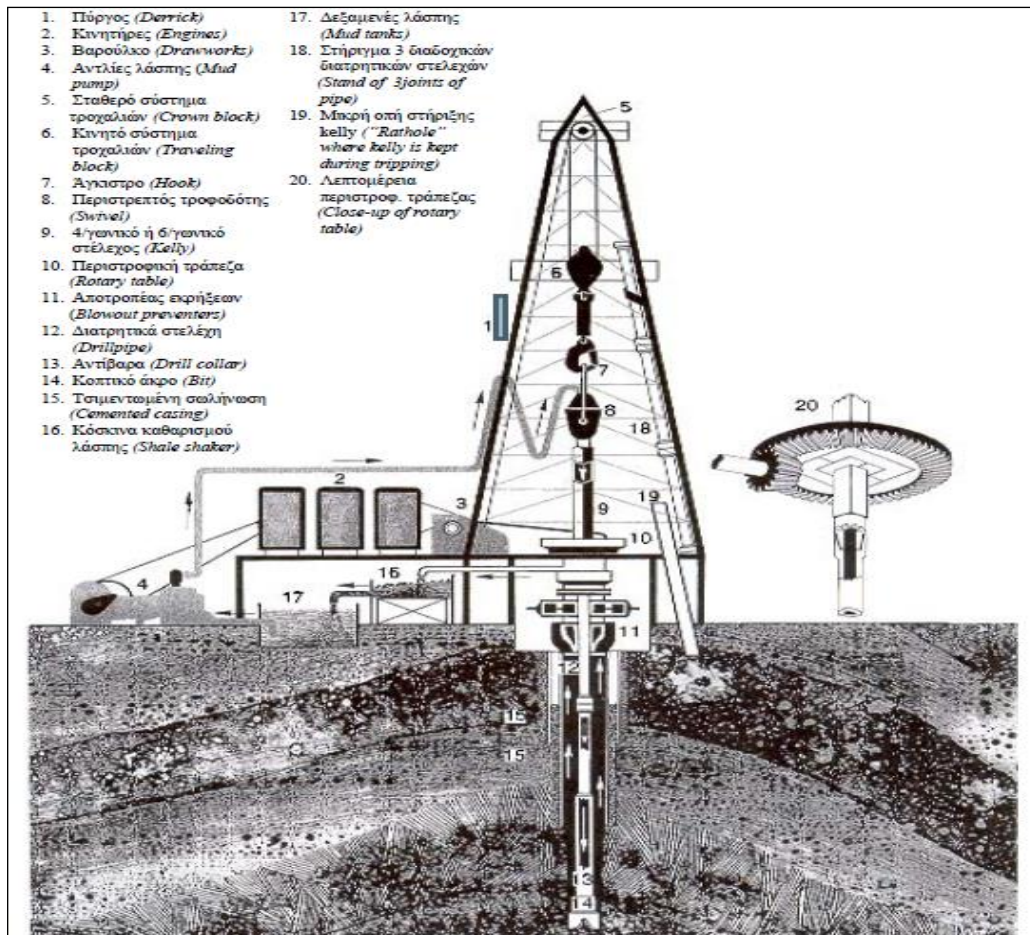
Εφόσον οι παραπάνω διαδικασίες καταδείξουν την ύπαρξη πιθανότητας για παρουσία υδρογονανθράκων, τότε επέρχεται η δεύτερη φάση. Σε αυτήν, με τη χρήση κατάλληλου γεωτρύπανου διανοίγονται τέσσερις (συνήθως) προσωρινές διερευνητικές κοιλότητες πάνω από την εξεταζόμενη περιοχή, κάτι το οποίο λαμβάνει χώρα σε 60 έως 90 μέρες. Γεωλόγοι αρχικά «τρυπούν» για να λάβουν ένα δείγμα από τον πυρήνα, προκειμένου να εξακριβώσουν την ύπαρξη κοιτάσματος.²

Το κάτωθι σχήμα αποτυπώνει γραφικά τα κατασκευαστικά μέρη ενός γεωτρύπανου ξηράς³.

² Lamb R., How offshore drilling works. Προσπελάστηκε 7/5/2016 στο <http://science.howstuffworks.com/environmental/energy/offshore-drilling2.htm>

³ Σταματάκη Σ., Περιστροφική Διάτρηση-Μηχανολογικός Εξοπλισμός (2003). Αθήνα: ΕΜΠ, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών. Προσπελάστηκε 7/5/2015 στο www.metal.ntua.gr/uploads/2284/Kef_1_2003.pdf

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ



Σχήμα 4: Σχηματική διάταξη γεωτρόπανου ξηράς

Πηγή: Σταματάκη Σ., Περιστροφική Διάτρηση-Μηχανολογικός Εξοπλισμός (2003). Αθήνα: ΕΜΠ, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών.

Προσπελάστηκε 7/5/2015 στο www.metal.ntua.gr/uploads/2284/Kef_1_2003.pdf

Ανάπτυξη της γεώτρησης

Με αυτόν τον τρόπο δύναται να καθορισθεί το μέγεθος, η ποιότητα και η ακριβής διαμόρφωση του κοιτάσματος, ούτως ώστε να ξεκινήσει η εκμετάλλευσή του.

Ολοκλήρωση

Σε περίπτωση που μια γεώτρηση είναι επιτυχής ως προς το αποτέλεσμα της ύπαρξης υδρογονανθράκων, ξεκινάει μια σειρά διεργασιών, οι οποίες διαμορφώνουν το «πηγάδι» σε ένα παραγωγικό σύστημα. Οι εργασίες αυτές αποβλέπουν αφενός στον έλεγχο της ποιότητας των

υδρογονανθράκων και αφετέρου στην απρόσκοπτη παραγωγή. Οι εργασίες είναι γνωστές με τον όρο ολοκλήρωση της γεώτρησης.

Έλεγχος ποιότητας υδρογονανθράκων⁴

Πραγματοποιείται πριν την έναρξη των κυρίως εργασιών ολοκλήρωσης. Σε αυτήν χρησιμοποιούνται ειδικά δειγματοληπτικά όργανα (formation testers), τα οποία συλλέγουν ρευστό».

Παραγωγή

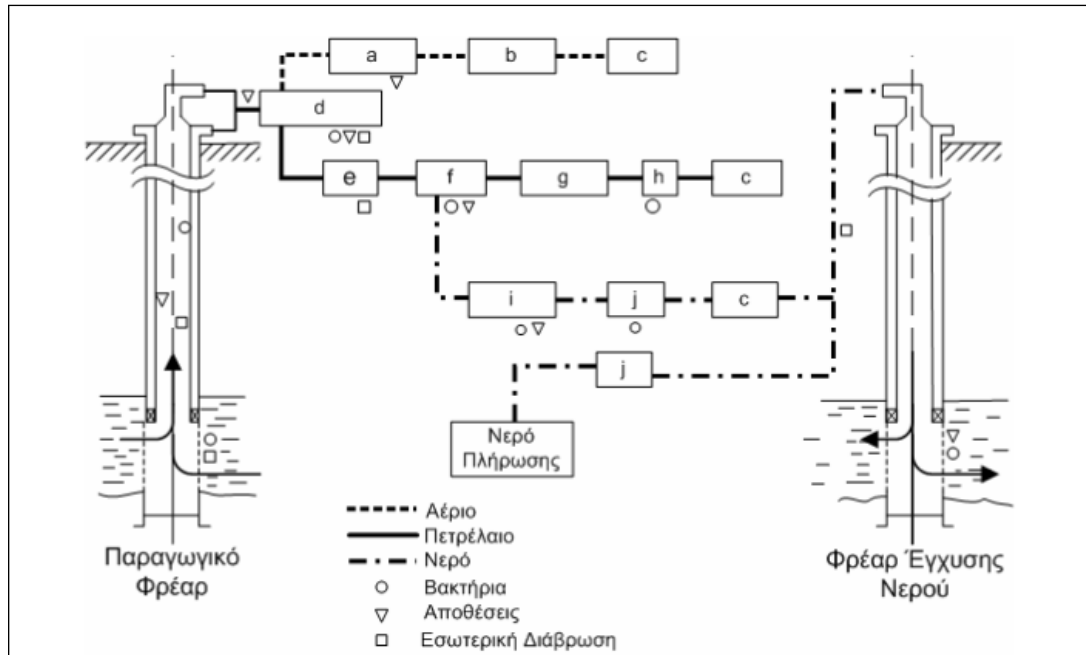
Μετά το πέρας της ολοκλήρωσης των γεωτρήσεων, ακολουθεί το στάδιο της παραγωγής, αν και συχνά οι εργασίες ανάπτυξης συνεχίζονται για καιρό, παράλληλα την έναρξη της παραγωγής στην περιοχή του κοιτάσματος. Το στάδιο της παραγωγής περιλαμβάνει επιπλέον διάνοιξη πηγαδιών, ούτως ώστε να εξορυχθεί το πετρέλαιο και να ακολουθήσει ο διαχωρισμός του από το νερό και εκκαθάριση των αποβλήτων της γεώτρησης, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, ως λειτουργία φρέατος, νοείται «η διάνοιξη φρέατος με σκοπό την εξερεύνηση ή την παραγωγή, συμπεριλαμβανομένων της αναστολής των εργασιών, της επισκευής ή της τροποποίησης φρεάτων, της οριστικής εγκατάλειψης ή οποιασδήποτε σχετικής με φρέαρ λειτουργίας, η οποία ενδέχεται να προκαλέσει ακούσια εκροή ρευστών ή κίνδυνο μεγάλου ατυχήματος»⁵.

⁴ Σταματάκη Σ. (2003). Ολοκλήρωση Γεωτρήσεων Αθήνα: ΕΜΠ, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών. Προσπελάστηκε 18/5/2016 στο www.metal.ntua.gr/uploads/2331/Kef_10_2003.pdf

⁵ Cumulative Environmental Effects of Oil and Gas Activities on Alaska's North Slope. (2003). Washington: National Research Council

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ



Σχήμα 5: Διάγραμμα ροής ενός πεδίου πετρελαίου

a) Συμπιεστής, b) Ξήρανση c) Αγωγός, d) Διαχωριστής αερίου, e) Θερμαντήρας f) Διαχωριστής, g) Αφαλατωτής, h) Δεξαμενή i) Δευτερογενή καταβύθιση, j) Φίλτρο

Πηγή: Καρώνης Δ. Λόης Ε. Ζαννίκος Φ. Προέλευση, Μηχανισμοί Συσσώρευσης, Έρευνα και

Παραγωγή Αργού Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου, στο Τεχνολογία Πετρελαίου και

Φυσικού Αερίου (2011), Αθήνα: ΕΜΠ. Προσπελάστηκε 19/5/2016 στο

www.chemeng.ntua.gr/courses/pngtech/news_files/webdoc_22_2_6_2014.pdf

ΚΕΦΑΛΑΙΑ

1. Είδη θαλασσίων κατασκευών εξόρυξης και παραγωγής πετρελαίου και φυσικού αερίου

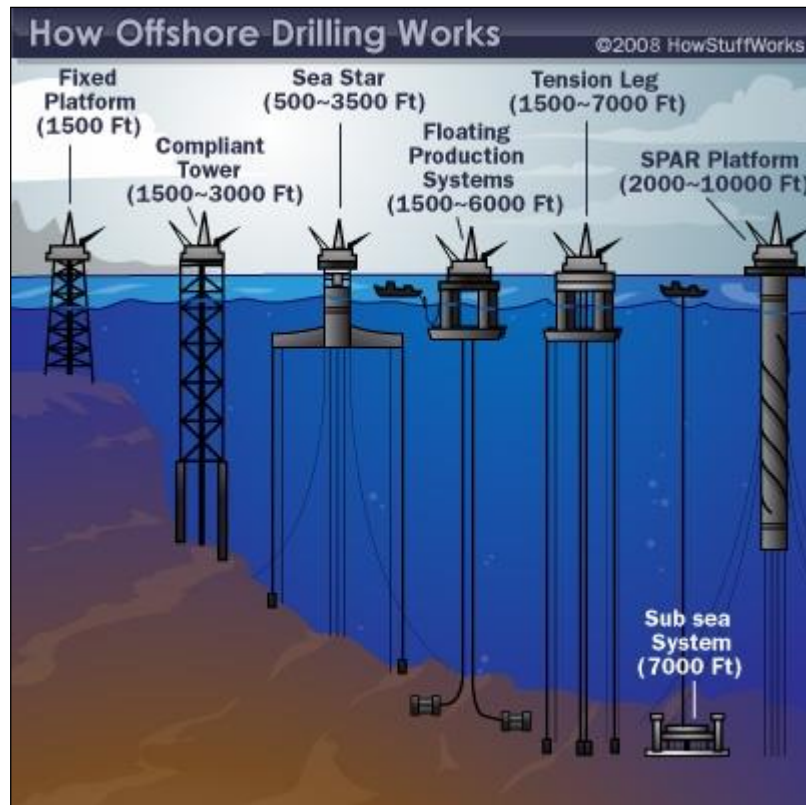
Για το διαχωρισμό των θαλασσίων κατασκευών εξόρυξης και παραγωγής πετρελαίου και φυσικού αερίου, υπάρχουν πολλά κριτήρια με βάση τις διάφορες γεωμετρικές μορφές και διαστάσεις τους, το σκοπό χρησιμοποίησής τους, τον τρόπο κατασκευής αλλά και λειτουργίας τους. Βασικός τρόπος ταξινόμησης των προαναφερομένων είναι βάσει της δυνατότητας αλλαγής του τόπου εγκατάστασης και λειτουργίας τους. Ως εκ τούτου, διακρίνουμε τις σταθερές κατασκευές (fixed structures), τις ενδίδουσες κατασκευές (compliant structures) και τις πλωτές κατασκευές (floating structures)⁶.

Σε γενικές γραμμές, οι σταθερές και οι ενδίδουσες κατασκευές χρησιμοποιούνται συνήθως για βάθη νερού μέχρι περίπου 152 μέτρα, ήτοι 500 πόδια, ενώ οι πλωτές κατασκευές για μεγαλύτερα βάθη. Ως «ρηχά ύδατα» (shallow water, SW) ορίζονται τα βάθη νερού μέχρι και 400 μέτρα περίπου, ως «βαθιά ύδατα» (deepwater, DW) ορίζονται τα βάθη νερού, που είναι μεγαλύτερα από 400 και μικρότερα ή ίσα με 1.524 μέτρα και τέλος, ως «πολύ βαθιά ύδατα» (ultra-deepwater, UDW), ορίζονται τα βάθη, που είναι μεγαλύτερα από 1.524 μέτρα⁷. Στο σχήμα 1 παρατηρούμε κάποιες εξ' αυτών.

⁶ Βλ. σχετικά: -Μαυράκος Σ. Α., Μελέτη και Σχεδίαση Πλωτών Κατασκευών: Υδροδυναμική Ανάλυση (1989). Αθήνα: ΕΜΠ

-Ζαραφονίτης Γ., Εισαγωγή στη Ναυπηγική και Θαλάσσια Τεχνολογία, Σημειώσεις (Σεπτέμβριος 2002). Αθήνα: ΕΜΠ

⁷ Βλ. Λήμμα: Types of Offshore Structures based on location, στο www.marinewiki.org. Προσπελάστηκε 14/6/2016.



Σχήμα 6: Off-shore κατασκευές ανάλογα με το βάθος λειτουργίας τους

Πηγή: Προσπελάστηκε 15/6/2016 στο

science.howstuffworks.com/environmental/energy/offshore-drilling6.htm

1.1 Σταθερές Κατασκευές

Χαρακτηριστικό των σταθερών κατασκευών (fixed structures) είναι ότι πραγματοποιούν περιορισμένες κινήσεις υπό την επίδραση του κυματισμού και των θαλασσίων ρευμάτων και χρησιμοποιούνται κυρίως ως πλατφόρμες εξόρυξης και παραγωγής πετρελαίου. Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι είναι οικονομικά προτιμητέες για σχετικά μικρά βάθη.

Οι εν λόγω εξέδρες χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες :

- Στα μεταλλικά χωροδικτύωματα, ευρύτερα γνωστά ως jackets, που συνδέονται με τον πυθμένα της θάλασσας με πασσάλους, που εισχωρούν σε αυτόν⁸.

⁸ Μαυράκος Σ. Α., Μελέτη και Σχεδίαση Πλωτών Κατασκευών: Υδροδυναμική Ανάλυση (1989). Αθήνα: ΕΜΠ

- Στις πλατφόρμες STAR (Slim Tripod Adapted for Rigs), που είναι μονού πυλώνα και μη επανδρωμένες⁹
- Στις πλατφόρμες βαρύτητας (gravity platforms), που «στηρίζονται πάνω στον πυθμένα με τη βοήθεια επίπεδης θεμελίωσης και κατασκευάζονται εν μέρει (στην περίπτωση αυτή η έδραση της κατασκευής είναι από σκυρόδεμα αλλά το κατάστρωμά της στηρίζεται πάνω σε μεταλλική κατασκευή) ή εν όλω από σκυρόδεμα»¹⁰.

1.1.1 Μεταλλικά χωροδικτυώματα (jackets)

Τα μεταλλικά χωροδικτυώματα (jackets) θεμελιώνονται στον πυθμένα με πασσάλους, οι οποίοι διέρχονται μέσα από τα κοίλα κυλινδρικά στοιχεία στήριξης του χωροδικτυώματος (πυλώνες), διατάσσονται όμως επιπλέον και περιμετρικά γύρω από κάθε πυλώνα της κατασκευής για την εξασφάλιση της στήριξης.

Οι εγκαταστάσεις αυτής της κατηγορίας «μπορεί να είναι είτε αυτοδύναμες, δηλαδή να φέρουν οι ίδιες όλον τον απαραίτητο εξοπλισμό για τις εργασίες της διάτρησης, καθώς και τα απαραίτητα καταλύματα και τους χώρους δραστηριότητας του προσωπικού, είτε υποστηριζόμενες, οπότε μέρος του γεωτρητικού εξοπλισμού ή/και της εστίασης του προσωπικού βρίσκεται σε συνοδευτικό πλωτό κατασκεύασμα»¹¹.

⁹ Lamb R. How Offshore Drilling Works. Προσπελάστηκε 16/6/2016 στο science.howstuffworks.com/environmental/energy/offshore-drilling6.htm

¹⁰ Μαυράκος Σ. Α., Μελέτη και Σχεδίαση Πλωτών Κατασκευών: Υδροδυναμική Ανάλυση (1989). Αθήνα: ΕΜΠ

¹¹ Σταματάκη Σ. (2001). Τεχνολογία Γεωτρήσεων Αθήνα: ΕΜΠ. Προσπελάστηκε 15/5/2016 στο www.metal.ntua.gr



Σχήμα 7: Η συγκεκριμένη λειτουργεί στο κοίτασμα Buzzard στη Βόρεια Θάλασσα, στα βορειοανατολικά της Σκωτίας, αποτυπώνοντας την χαλύβδινη υποστήριξη των άνω στοιχείων της κατασκευής. Βάθος λειτουργίας 100 μέτρα

Πηγή: Προσπελάστηκε 6/6/2016 στο
www.subctest.com/project/background.jsp

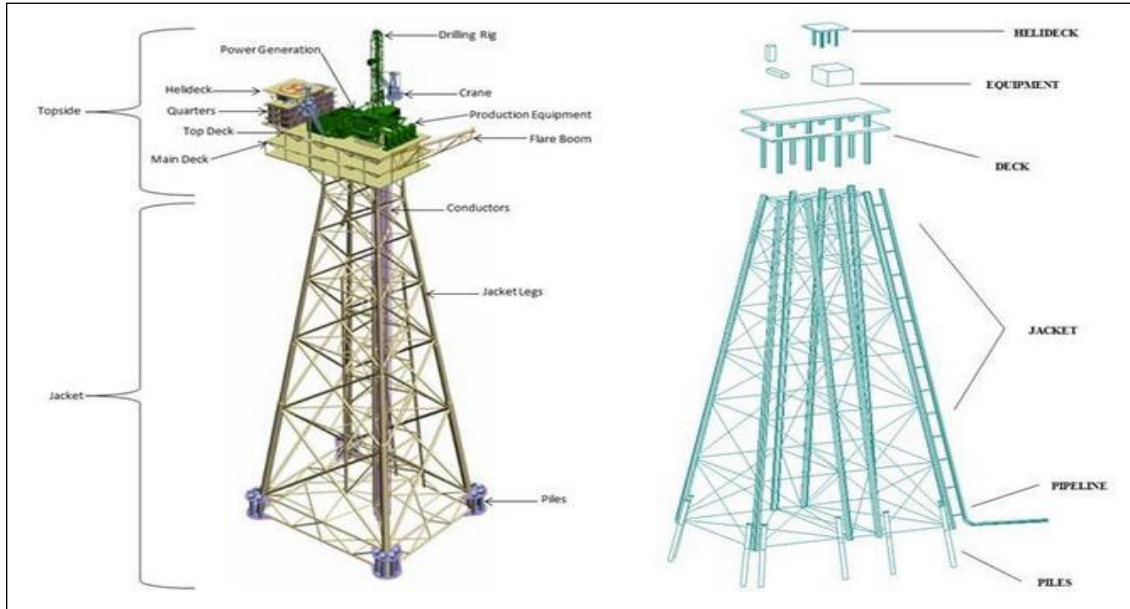
Ένα jacket είναι ένα «ενωμένο» στενά σωληνοειδές πλαίσιο με τρία ή περισσότερα κοντινά κάθετα σωληνοειδή πόδια (legs), διαθέτοντας ένα ενισχυμένο σύστημα μεταξύ των ποδιών. Αυτό το είδος παρέχει την υποστήριξη, τους αγωγούς, τις μετώπες, και άλλα εξαρτήματα. Οι πάσσαλοι προσφέρουν στην κατασκευή μεγάλη σταθερότητα και σε αυτό το πλαίσιο δύνανται να υποστηρίξουν μεγάλα φορτία¹².

Ακόμη, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μεγάλα πεδία (fields) παραγωγής πετρελαίου και για μεγάλη χρονική διάρκεια και μπορούν να υποστηρίξουν έναν μεγάλο αριθμό πηγαδιών.

¹² Frieze P., Offshore structure design and construction. UK: Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS). Προσπελάστηκε 27/5/2016 στο www.eolss.net/sample-chapters/c05/e6-177-od-01.pdf

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Στον αντίποδα, το κόστος της πλατφόρμας αυξάνεται εκθετικά με την αύξηση του βάθους και προκαλούν αυξημένα κόστη συντήρησης, ενώ τα χαλύβδινα δομικά μέρη της κατασκευής υπόκεινται σε διάβρωση.



Σχήμα 8: Βασικά δομικά στοιχεία ενός μεταλλικού χωροδικτύωματος (jacket)

Πηγή: Προσπελάστηκε 6/6/2016 στο oilpro.com/post/11403/offshore-jackets-101

1.1.2 Πλατφόρμες STAR13

Η πλατφόρμα STAR (Slim Tripod Adapted for Rigs) αποτελείται από έναν μονό κεντρικό πυλώνα, στη βάση έχει έναν τρίποδα, προσαρμόζεται σε άλλες εξέδρες (για παράδειγμα σε εξέδρες jack-up), χρησιμοποιείται ευρέως από τη Δανία για γεωτρήσεις στη Βόρεια Θάλασσα και είναι μη επανδρωμένη. Η μορφολογία της είναι σχετικά απλή, κάτι το οποίο οδηγεί και σε χαμηλότερο κόστος. Στο σχήμα 8 βλέπουμε την τυπική μορφή μίας πλατφόρμας STAR.

¹³ Βλ. Σχετικά: Holmager M. (Ιούλιος 2010). Offshore Book 2010: An introduction to the offshore industry. Denmark: Offshore Center Denmark

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

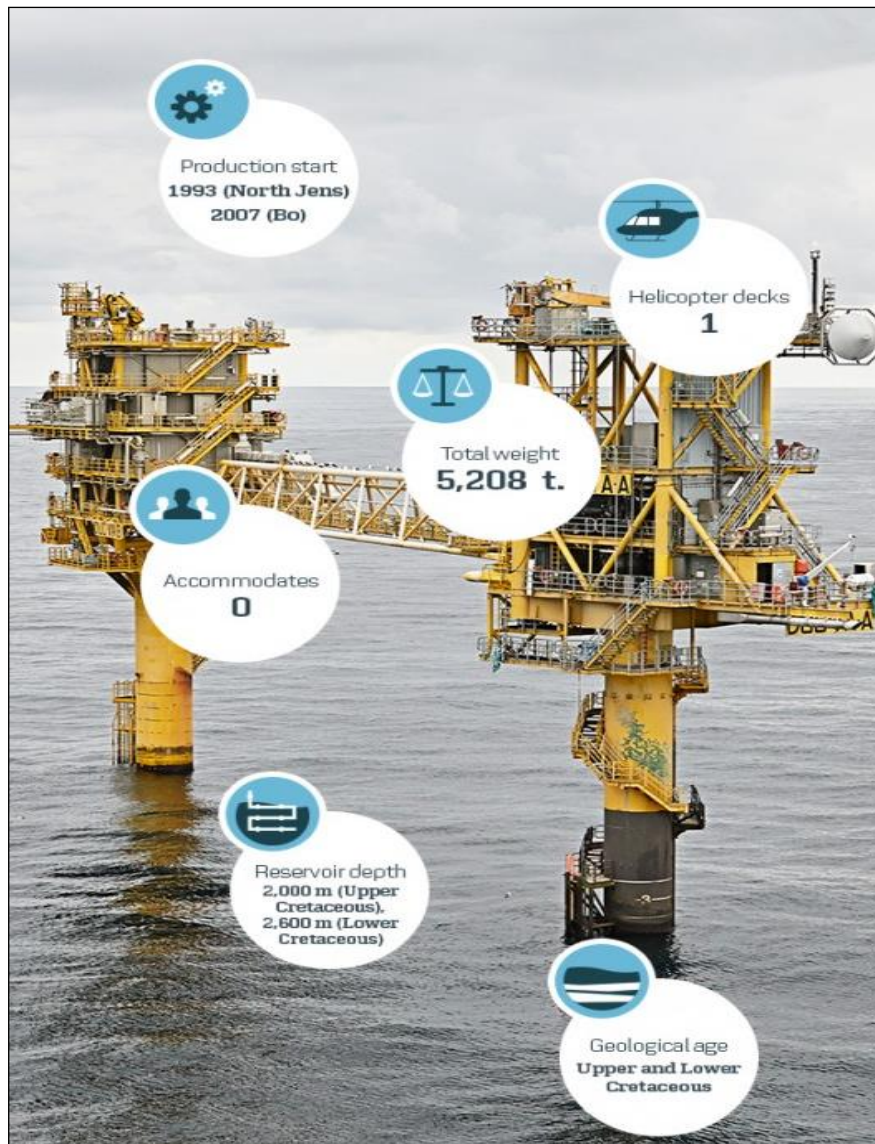


Σχήμα 9: Τυπική μορφή πλατφόρμας STAR

Πηγή: Προσπελάστηκε στις 11/5/2016 στο offshoreenergy.dk/offshoreenergy/releases/on-off-magazines/articles/a-star-is-born.aspx

Οι πλατφόρμες αυτές είναι «τηλεκατευθυνόμενες» και μπορούν εύκολα να προσαρμοστούν στις διαφορετικές εφαρμογές. Οι «τηλεκατευθυνόμενες» πλατφόρμες είναι φτηνότερες και μειώνουν τις λειτουργικές δαπάνες και τους κινδύνους ασφάλειας. Και αυτό η πλατφόρμα έχει σχεδιαστεί για μη επανδρωμένη λειτουργία, οπότε οι επιχειρήσεις γίνονται από απόσταση με ραδιοσήματα από την κύρια πλατφόρμα της περιοχής Ένα άλλο πλεονέκτημα αυτών των πλατφορμών είναι η ευκολία εγκατάστασής τους, η οποία γίνεται από ένα γεωτρύπανο και όχι γερανό. Η εγκατάσταση με γεωτρύπανο είναι μία οικονομικώς αποδοτική εναλλακτική λύση.

Οι πλατφόρμες STAR μπορούν επίσης να επαναχρησιμοποιηθούν και να μεταφερθούν σε νέες θέσεις. Επιλέγεται κυρίως ως βοηθητική πλατφόρμα για πηγάδια με οριακά αποθέματα υδρογονανθράκων. Έτσι, αποφεύγεται το τεράστιο κόστος ανέγερσης και εγκατάστασης μίας συμβατικής σταθερής ή μίας ενδίδουσας πλατφόρμας. Στην εικόνα 5 δύο διασυνδεδεμένες πλατφόρμες στο κοίτασμα “Valdemar”, της δανικής εταιρείας Maersk.



Σχήμα 10: Δύο διασυνδεδεμένες πλατφόρμες στο κοίτασμα “Valdemar”, της δανικής εταιρείας Maersk. Το κοίτασμα βρίσκεται 245 χιλιόμετρα δυτικά της Δανίας. Αποτυπώνονται κάποια βασικά χαρακτηριστικά της.

Πηγή: Προσπελάστηκε 17/4/2016 στο maerskoil.com

1.1.3 Πλατφόρμες βαρύτητας

«Οι πλατφόρμες βαρύτητας, λόγω των μεγάλων διαστάσεων της θεμελίωσης και του βάρους τους, δε χρειάζονται πρόσθετα μέσα συγκράτησής τους. Το βάρος τους επαρκεί για να παραλάβει τις μεγάλες ροπές ανατροπής, που προκαλούνται από τις δράσεις του περιβάλλοντος». Τα κύρια πλεονεκτήματα των εξεδρών βαρύτητας σε σχέση με τα μεταλλικά χωροδικτύωματα είναι πρώτον ότι ρυμουλκούνται

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

και εγκαθίστανται στον τόπο λειτουργίας τους μαζί με τον εξοπλισμό τους και δεύτερον ότι διαθέτουν μεγαλύτερες αποθηκευτικές ικανότητες¹⁴. Έτσι, εδράζονται με ασφάλεια στον πυθμένα της θάλασσας χωρίς να απαιτούνται πάσσαλοι ή άγκυρες για τη σταθεροποίησή τους.

Οι υπεράκτιες πλατφόρμες βαρύτητας είναι μία εφαρμογή των κατασκευών GBS (Gravity-Based Structures), που είναι δομές υποστήριξης, που συγκρατούνται στη θέση τους με τη βοήθεια της βαρύτητας.



Σχήμα 11: Στην παρακάτω εικόνα παρατηρούμε μια πλατφόρμα αυτού του τύπου ονόματι της εταιρείας Echop που λειτουργεί στην Αυστραλία. Η κατασκευή βρίσκεται σε βάθος 61 μέτρων.

Πηγή: Προσπελάστηκε 14/6/2016 στο abam.com

Οι συγκεκριμένες κατασκευές διαθέτουν συχνά δεξαμενές ή κελιά, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο της πλευστότητας (τα συγκεκριμένα κελιά γεμίζουν με νερό για να προκαλέσουν «βύθιση» της κατασκευής). Σε μερικές εγκαταστάσεις CGBS τα κύτταρα μέσα στις βάσεις χρησιμοποιούνται για το χωρισμό του παραχθέντος νερού (νερό που έχει εξαχθεί από τη δεξαμενή μαζί με το πετρέλαιο) και για να αποθηκεύσουν το αργό πετρέλαιο. Όταν η πλατφόρμα ολοκληρωθεί, ρυμουλκείται στην προβλεπόμενη τοποθεσία και στη συνέχεια, βυθίζεται.

¹⁴ Μαυράκος Σ. Α., Μελέτη και Σχεδίαση Πλωτών Κατασκευών: Υδροδυναμική Ανάλυση (1989). Αθήνα: ΕΜΠ

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ**

Πάντως, στην πορεία των ετών στα κελιά δεν υπάρχει μόνο νερό. Η ανάλυση οικόπεδο Dunlin Alpha της Σκωτίας δείχνει ότι 99% της περιεκτικότητας κελιών είναι νερό. Πάντως, η δειγματοληψία του ιζήματος κατά τη διάρκεια του αποπλισμού της δεξαμενής της δεξαμενής Ekofisk της Νορβηγίας αποκάλυψε ότι σε βάθος κελιού 1-3 μέτρα περιλάμβανε έλαια περίπου 39%, νερό 28% και τα στερεά 33%. Σε άλλες εγκαταστάσεις το ποσοστό των ιζημάτων μπορεί να είναι περίπου 10% από τον όγκο και το κατ' εκτίμηση βάρος μπορεί να τρέξει σε χιλιάδες τόνοι¹⁵.

Πίνακας 1: Πλατφόρμες Βαρύτητας στην ευρύτερη περιοχή της Βόρειας Θάλασσας που ανήκουν σε εταιρείες νορβηγικών συμφερόντων

Facility	Water depth	Type	Delivered	Location
Frigg TCP2	104 m	Condeep, 3 shaft	Elf, 1977	North Sea, N
Statfjord A	146 m	Condeep, 3 shaft	Mobil, 1977	North Sea, N
Statfjord B	146 m	Condeep, 4 shaft	Mobil, 1981	North Sea, N
Statfjord C	146 m	Condeep, 4 shaft	Mobil, 1984	North Sea, N
Gullfaks A	135 m	Condeep, 4 shaft	Statoil, 1986	North Sea, N
Gullfaks B	142 m	Condeep, 4 shaft	Statoil, 1987	North Sea, N
Oseberg A	109 m	Condeep, 4 shaft	Norsk Hydro, 1988	North Sea, N
Gullfaks C	216 m	Condeep, 4 shaft	Statoil, 1989	North Sea, N
Draugen	251 m	Condeep, monotower	Shell, 1993	Norwegian Sea
Sleipner A	82 m	Condeep, 4 shaft	Statoil, 1993	North Sea, N
Troll A	303 m	Condeep, 4 shaft	Norske Shell, 1995	North Sea, N

Πηγή: Προσπελάστηκε 13/6/2016 στο www.npd.no/Global/Engelsk/3-Publications/Reports/Disposal-of-concrete-facilities/Disponering-av-betonginnretninger-Hovedrapport-eng.pdf

Η κατασκευή τους θεωρήθηκε αναγκαία στη Βόρεια Θάλασσα, καθώς απαιτείτο μεγάλη παραγωγή υδρογονανθράκων, οπότε αναζητήθηκαν μεγάλες εγκαταστάσεις επεξεργασίας. Τα GBS ήταν ιδανικά να αντέξει πολύ μεγάλα βάρη (έως 50.000 τόνους). Επίσης είναι πολύ ανθεκτικά στις ακραίες

¹⁵ International Association of Oil & Gas Producers (Νοέμβριος 2012). Decommissioning of offshore concrete gravity based structures (CGBS) in the OSPAR maritime area/ other global regions. Report No: 484. Προσπελάστηκε 10/9/2016 στο <http://www.ogp.org.uk/pubs/484.pdf>

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

καταστάσης θάλασσας. Η μεγαλύτερη μεγάλη χωρητικότητα οποιουδήποτε CGBS είναι 2 εκατομμύριο βαρέλια (περ. 300 εκατομμύριο λίτρα)¹⁶.

Οι πιο διαδεδομένοι τύποι πλατφορμών βαρύτητας είναι οι ακόλουθοι¹⁷:

- Condeep (με έναν, δύο, τρεις ή τέσσερις πυλώνες)
- ANDOC (με τέσσερις πυλώνες)
- Sea Tank (με δύο ή τέσσερις πυλώνες)
- C G Doris
- One Arup (η βάση αυτής της πλατφόρμας είναι από σκυρόδεμα και έχει δυνατότητες αποθήκευσης ενώ πάνω της στηρίζεται μία εξέδρα τύπου jack-up)

Στο κάτωθι σχήμα φαίνονται οι πιο διαδεδομένοι τύποι πλατφορμών βαρύτητας.

¹⁶ Βλ. Σχετικά: -International Association of Oil & Gas Producers (Νοέμβριος 2012). Decommissioning of offshore concrete gravity based structures (CGBS) in the OSPAR maritime area/ other global regions. Report No: 484

- Γραμματικάκη Αικ. (Δεκέμβριος 2013). Μελέτη ατυχημάτων σύγκρουσης υπεράκτιων πλατφορμών πετρελαίου και φυσικού αερίου με πλοία, και ατυχημάτων blowout με χρήση μετα-ανάλυσης και δικτύων πίστεως. ΕΜΠ: Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών

-λήμμα: Gravity-based structure, στο en.wikipedia.org/wiki/Gravity-based_structure. Προσπελάστηκε 28/6/2016.

¹⁷ International Association of Oil & Gas Producers (Φεβρουάριος 2003). Disposal of disused offshore concrete gravity platforms in the OSPAR Maritime Area. Report No: 338. Προσπελάστηκε 10/9/2016 στο <http://www.ogp.org.uk/pubs/338.pdf>

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ



Figure 2.1: A typical Condeep design

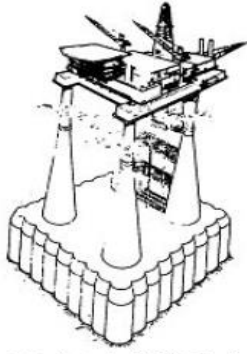


Figure 2.2: A typical ANDOC design (Anglo Dutch Offshore Concrete)

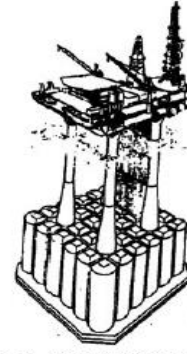


Figure 2.3: A typical Sea Tank Design



Figure 2.4: A typical concrete gravity platform designed by Doris Engineering

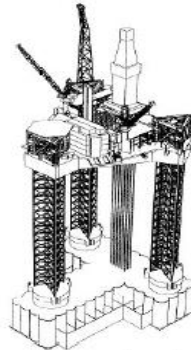
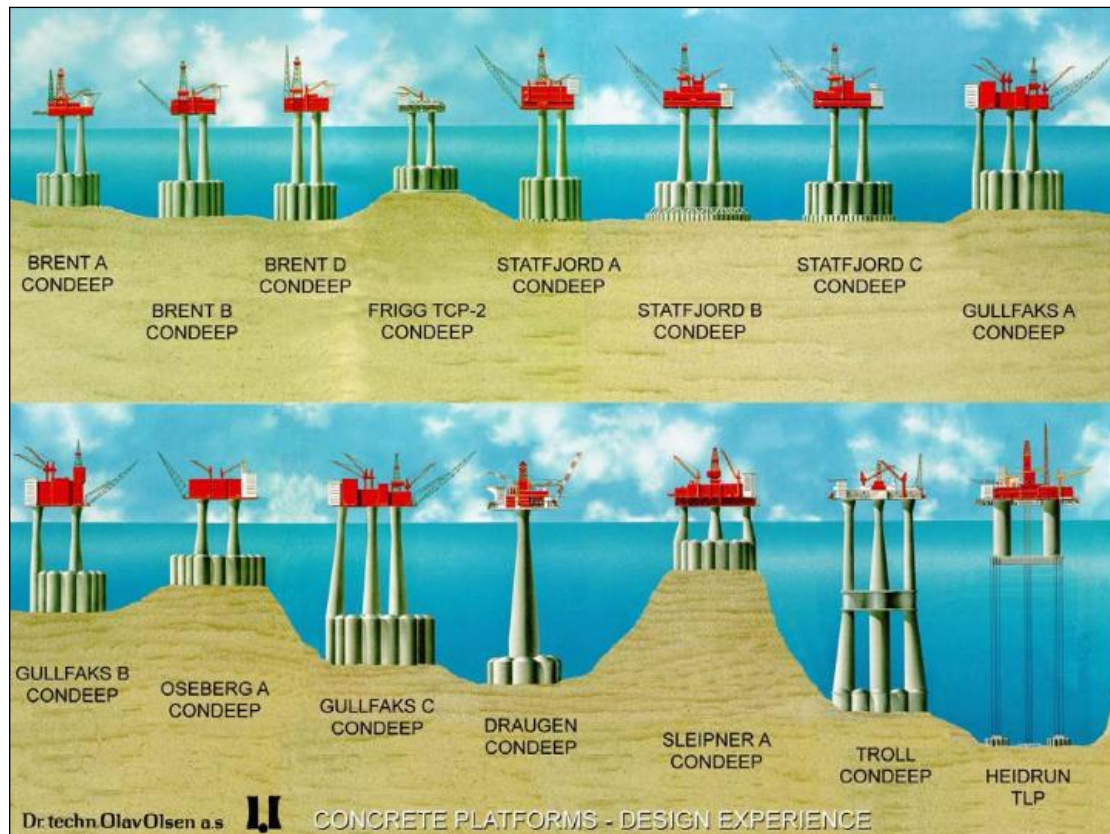


Figure 2.5: platform where the base is of concrete with storage capacity on which a steel jack-up rig is fixed

Σχήμα 12: Οι συνηθέστεροι τύποι πλατφόρμας Βαρύτητας

Πηγή: Προσπελάστηκε 18/6/2016 στο <http://www.ogp.org.uk/pubs/338.pdf>



Σχήμα 13: Τύποι του είδους Condeep

Πηγή: Προσπελάστηκε 13/6/2016 στο www.npd.no/Global/Engelsk/3-Publications/Reports/Disposal-of-concrete-facilities/Disponering-av-betonginnretninger-Hovedrapport-eng.pdf

Είναι γεγονός πως οι συγκεκριμένες πλατφόρμες βαρύτητας είναι πολύ ανθεκτικές και αν αφεθούν στο θαλάσσιο περιβάλλον, μετά το πέρας των εργασιών παραγωγής, «αποδομούνται» με πολύ αργούς ρυθμούς, με το κόστος της όλης διαδικασίας να είναι εξαιρετικά υψηλό, κάτι το οποίο αποτελεί καταφανώς μειονέκτημα. Και αυτό γιατί οι πρώτες τέτοιου τύπου πλατφόρμες σχεδιάστηκαν προ 50 ετών, μη λαμβάνοντας υπόψη τη μελλοντικό διαδικασία «αποδόμησης»¹⁸. Στην εικόνα φαίνονται «απομεινάρια» μιας τέτοιας κατασκευής.

¹⁸ Ο. Π.



Σχήμα 14: Κατάλοιπα μιας πλατφόρμας Βαρύτητας της εταιρείας Saipem που λειτουργούσε στο κοίτασμα Frigg, στη Βόρεια Θάλασσα

Πηγή: Προσπελάστηκε 16/6/2016 στο www.ogp.org.uk/pubs/484.pdf

1.2 Ενδίδουσες κατασκευές

Οι ενδίδουσες κατασκευές (compliant structures) είναι «πλωτές κατασκευές με κάποιου είδους κινηματικό περιορισμό σε μερικούς βαθμούς ελευθερίας τους»¹⁹. Αυτοί οι τύποι πλατφόρμας είναι σχεδιασμένοι ούτως ώστε η συχνότητα απόκρισής τους να είναι χαμηλή, και, επομένως, να είναι ευαίσθητες στη χαμηλής συχνότητας διέγερση που προκαλείται από την ταχύτητα του ανέμου. Επομένως δεν παρουσιάζουν ακαμψία στις δυνάμεις που δέχονται είτε από τα κύματα είτε από τον άνεμο. Σύμφωνα με τον ορισμό, «κάθε κατασκευή, που χρησιμοποιείται στο θαλάσσιο περιβάλλον και που αντιδρά στις δυναμικές φορτίσεις με ευέλικτο τρόπο, καλείται ενδίδουσα»²⁰.

Το σημαντικότερα είδη της συγκεκριμένης κατηγορίας πλατφορμών είναι τα ακόλουθα:

¹⁹ Μαυράκος Σ. Α., Μελέτη και Σχεδίαση Πλωτών Κατασκευών: Υδροδυναμική Ανάλυση (1989). Αθήνα: ΕΜΠ

²⁰ De Vries W., (2009). Compliant Bottom Mounted Support Structure Types. Netherlands: Delft University of Technology

- Οι πλατφόρμες Guyed-towers, «που ενώ είναι της ίδιας κατασκευαστικής αρχής με τις articulated towers, οι δυνάμεις επαναφοράς που απαιτούνται για τη συγκράτηση της κατασκευής στη μέση θέση ισορροπίας της δημιουργούνται από σύστημα αγκυρώσεων»²¹.
- Οι articulated towers, που είναι κατασκευές «αρθρωτά συνδεδεμένες στο κατώτερο άκρο τους με θεμελίωση, που βασίζεται στον πυθμένα της θάλασσας»²².
- Οι πλατφόρμες TLP (Tension Leg Platforms), «που παραμένουν στη μέση θέση ισορροπίας τους με τη βοήθεια προεντεταμένων συρματόσχοινων»²³.

1.2.1 Guyed towers

Οι guyed towers είναι της ίδιας κατασκευαστικής αρχής με τις articulated towers αλλά «οι δυνάμεις επαναφοράς που απαιτούνται για τη συγκράτηση της κατασκευής στη μέση θέση ισορροπίας της δημιουργούνται από σύστημα αγκυρώσεων»²⁴. Έχουν την ικανότητα να αντιστέκονται σε οριζόντιες δυνάμεις ανέμου και κύματος.

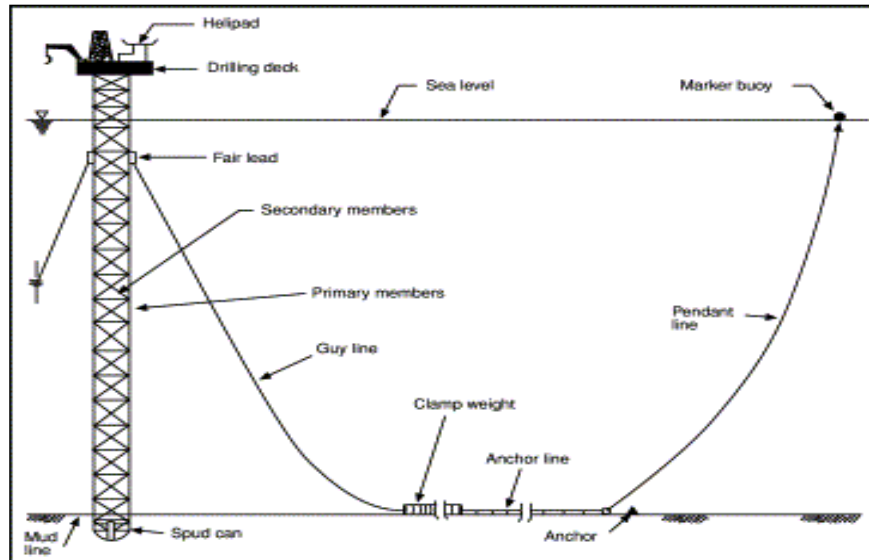
²¹ Μαυράκος Σ. Α., Μελέτη και Σχεδίαση Πλωτών Κατασκευών: Υδροδυναμική Ανάλυση (1989). Αθήνα: ΕΜΠ

²² Ο. Π.

²³ Ο. Π.

²⁴ Ο. Π.

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ



Σχήμα 15: Μια τυπική κατασκευή ενός Guyed Tower

Πηγή: R.S. Bishta, A.K. Jainb. (1998). Wind and wave induced behaviour of offshore guyed tower platforms. Shanghai Jiaotong University: Ocean Engineering Journal, τχ 7

Οι προαναφερόμενες πλατφόρμες αναπτύχθηκαν με σκοπό να χρησιμοποιηθούν για γεώτρηση και παραγωγή πετρελαίου σε μεγάλα βάθη. Για βάθη νερού μεγαλύτερα από περίπου 300 μέτρα, οι guyed towers αποτελούν οικονομικά βέλτιστη λύση έναντι των συμβατικών σταθερών πλατφορμών²⁵.

Η πρώτη πλατφόρμα αυτής της κατηγορίας ήταν η “Lena Guyed Tower”, που εγκαταστάθηκε το 1983 στον Κόλπο του Μεξικού και αποτέλεσε ορόσημο στην παραγωγή πετρελαίου από βαθιά ύδατα. Η πλατφόρμα βάρους 27.000 τόνων και ύψους 397 μέτρων, λειτουργούσε σε βάθος νερού 305 μέτρα²⁶. Στο σχήμα φαίνεται η συγκεκριμένη πλατφόρμα:

²⁵ Γραμματικάκη Αικ. (Δεκέμβριος 2013). Μελέτη ατυχημάτων σύγκρουσης υπεράκτιων πλατφορμών πετρελαίου και φυσικού αερίου με πλοία, και ατυχημάτων blowout με χρήση μετα-ανάλυσης και δικτύων πίστωσης. ΕΜΠ: Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών

²⁶ Power L. D., Hayes D. A., Brown C. P. (1983). Design of Guylines for the Lena Guyed Tower. USA: The American Society of Mechanical Engineers. Προσπελάστηκε 17/5/2016 στο energyresources.asmedigitalcollection.asme.org/article.aspx?articleid=1412416

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ



Σχήμα 16: Πλατφόρμα «Lena Guyed Tower»

Πηγή: Προσπελάστηκε 3/6/2016 στο

www.kbr.com/Documents/Project%20Profiles/ProjectProfile_LenaCompliantGuyedTower.pdf

Μετεξέλιξη των παραπάνω αποτελούν οι compliant towers. Οι πρώτοι compliant towers κατασκευάστηκαν το 1998. Πρόκειται για τους πύργους “Baldpate” και “Petronius”, που έχουν ύψος 580 και 610 μέτρα αντίστοιχα, βρίσκονται σε βάθος νερού 502 και 535 μέτρα αντίστοιχα και είναι ανάμεσα στις υψηλότερες κατασκευές του πλανήτη. Η σχεδιάσή τους βασίστηκε στην εμπειρία από την πρωτότυπη κατασκευή “Lena Guyed Tower”²⁷. Στο σχήμα παρατηρούμε την πλατφόρμα Petronius:

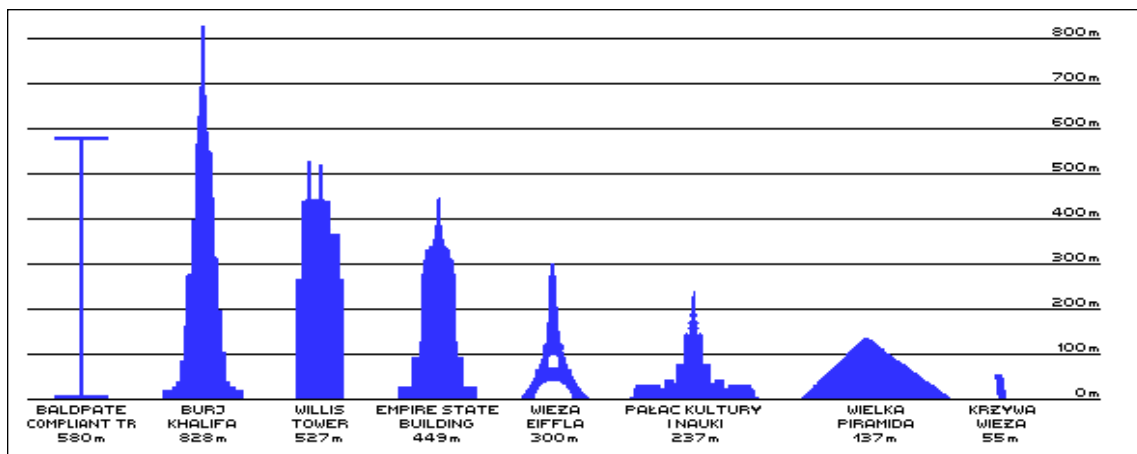
²⁷ Γραμματικάκη Αικ. (Δεκέμβριος 2013). Μελέτη ατυχημάτων σύγκρουσης υπεράκτιων πλατφορμών πετρελαίου και φυσικού αερίου με πλοία, και ατυχημάτων blowout με χρήση μετα-ανάλυσης και δικτύων πίστωσης. ΕΜΠ: Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών



Σχήμα 17: Πλατφόρμα «Petronius»

Πηγή: Προσπελάστηκε 17/5/2016 στο home.versatel.nl/the_sims/rig/petroniusa.htm

Στην παρακάτω εικόνα παρατηρούμε τη σύγκριση της «Baltpade» με φημισμένα κτίρια ανά τον κόσμο.



Σχήμα 18: Καθ' ύψος σύγκριση πλατφόρμας «Baltpade» με διάσημα κτίρια

Πηγή: Προσπελάστηκε 5/6/2016 στο www.budowle.pl/budowla,baltpate-compliant-tower

1.2.2 Πλατφόρμες TLP

Το συγκεκριμένο είδος πλατφόρμας παρουσιάζει πολλές ομοιότητες με τις συμβατικές σταθερές πλατφόρμες, διατηρώντας όμως το χαρακτηριστικό ότι συγκρατούνται στην επιθυμητή θέση με ένα σύστημα πρόσδεσης, που βασίζεται σε προεντεταμένα συρματόσχοινα (tension legs), τα οποία

συνδέονται με την πλατφόρμα και με το βυθό της θάλασσας. Λόγω του συγκεκριμένου τρόπου πρόσδεσης, επικρατεί μία σχετικά μεγάλη ελευθερία στις οριζόντιες μετακινήσεις της πλατφόρμας αλλά την ίδια ώρα περιορίζει τις κατακόρυφες κινήσεις της²⁸. «Η προένταση από συρματόσχοινα που τη συνδέουν με τον πυθμένα επιτυγχάνεται με την περίσσεια άντωσης της πλωτής εγκατάστασης»²⁹. «Η προένταση είναι τόσο μεγάλη που απαγορεύει οποιαδήποτε κατακόρυφη κίνηση» κάτι το οποίο «είναι πλεονέκτημα για την εργασία που πρόκειται να πραγματοποιηθεί στην πλατφόρμα»³⁰. Όπως είναι γνωστό, κάθε πλατφόρμα εκτελεί ταλαντωτικές κινήσεις στους έξι βαθμούς ελευθερίας της. Ο συγκεκριμένος τρόπος πρόσδεσης, επιτρέπει μία σχετικά μεγάλη ελευθερία στις κινήσεις παρέντασης (surge), έκπτωσης (sway) και παροιακίσματος (yaw), ενώ περιορίζει σημαντικά την κατακόρυφη μεταφορική ταλάντωση (heave), τον διατοιχισμό (roll) και τον προνευτασμό (pitch)³¹. Για αυτό και ο συγκεκριμένος τύπος «ταιριάζει» περισσότερο, όπου απαιτείται όσο το δυνατόν καλύτερη ευστάθεια της κατασκευής, όπως για παράδειγμα στον Κόλπο του Μεξικού που είναι ιδιαίτερα επιρρεπής σε τυφώνες³². «Οι κατακόρυφες γραμμές αγκύρωσης παραλαμβάνουν το σύνολο των δυναμικών φορτίσεων από τα κύματα, οι οποίες είναι σημαντικότερες σε μέγεθος και περιλαμβάνουν συνιστώσες υψηλής συχνότητας, οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν στις γραμμές αστοχία, λόγω κόπωσης». Ένα

²⁸ Jeom Kee Paik, Anil Kumar Thayamballi. (2007). Ship-shaped Offshore Installations, Design, Building and Operation. Cambridge: Cambridge University Press

²⁹ Μαυράκος Σ. Α. (1998). Μελέτη και Σχεδίαση Πλωτών Κατασκευών: Υδροδυναμική Ανάλυση. Αθήνα: ΕΜΠ

³⁰ Μαυράκος Σ. Α., Χατζηγεωργίου Ι. Κ. (2007). Αγκυρώσεις πλωτών κατασκευών. Αθήνα: ΕΜΠ, Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών

³¹ Η παρένταση (surge) και η έκπτωση (sway) είναι γραμμικές ταλαντωτικές κινήσεις κατά τη διαμήκη και κατά την εγκάρσια διεύθυνση αντίστοιχα. Το παροιακίσιμα (yaw) είναι η γωνιακή περιστροφή γύρω από τον κατακόρυφο άξονα. Η κατακόρυφη ταλάντωση (heave) είναι ταλαντωτική κίνηση κατά τον κατακόρυφο άξονα. Ο διατοιχισμός (roll) είναι η γωνιακή περιστροφή γύρω από τον διαμήκη άξονα ενώ ο προνευτασμός (pitch) είναι η γωνιακή περιστροφή γύρω από τον εγκάρσιο άξονα. Βλ. Λήμμα: How Does a Tension Leg Platform (TLP) Work?, στο http://www.rigzone.com/training/insight.asp?insight_id=305 . Προσπελάστηκε 16/10/2016.

³² Jeom Kee Paik, Anil Kumar Thayamballi. (2007). Ship-shaped Offshore Installations, Design, Building and Operation. Cambridge: Cambridge University Press

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

άλλο πλεονέκτημα αυτών των πλατφορμών είναι ότι είναι λιγότερο ευαίσθητες σε σεισμικά φορτία σε σχέση με τις σταθερές πλατφόρμες³³³⁴.



Σχήμα 19: Στη φωτογραφία παρατηρούμε την πλατφόρμα Mars να έχει υποστεί ζημιές από τον τυφώνα “Katrina” στον κόλπο του Μεξικού

Πηγή: προσπελάστηκε 16/10/2016 στο [en.wikipedia.org/wiki/Mars_\(oil_platform\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Mars_(oil_platform))

Οι πλατφόρμες TLP, χρησιμοποιούνται για τη γεώτρηση και την παραγωγή υδρογονανθράκων αλλά συνήθως, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αποθήκευσή τους, με αποτέλεσμα η πλατφόρμα TLP να πρέπει να συνδυάζεται με έναν αγωγό μεταφοράς ή με ένα FSO ή ένα εξειδικευμένο δεξαμενόπλοιο, ενώ δεν μπορούν να μετακινηθούν από μία τοποθεσία σε κάποια άλλη³⁵.

Μία συμβατική πλατφόρμα TLP διαθέτει μία τυπική γάστρα με τέσσερις πυλώνες (columns), των οποίων η διάμετρος ποικίλει, φτάνοντας ακόμα και τα 30 μέτρα (100 πόδια). Καθώς η προένταση προσδίνει καλή ευστάθεια στην εξέδρα, οι πυλώνες της μπορούν να έχουν πολύ μικρότερες διαστάσεις

³³ Μαυράκος Σ. Α., Χατζηγεωργίου Ι. Κ. (2007). Αγκυρώσεις πλωτών κατασκευών. Αθήνα: ΕΜΠ, Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών

³⁴ Μαυράκος Σ. Α., Μελέτη και Σχεδίαση Πλωτών Κατασκευών: Υδροδυναμική Ανάλυση (1989). Αθήνα: ΕΜΠ

³⁵ Jeom Kee Paik, Anil Kumar Thayamballi. (2007). Ship-shaped Offshore Installations, Design, Building and Operation. Cambridge: Cambridge University Press

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

από εκείνους των πλωτών ημιβυθιζόμενων κατασκευών³⁶. Οι πλώνες συνδέονται στη βάση με τέσσερα ποντόνια (pontoons) ορθογωνικής μορφής³⁷.

Η πλατφόρμα TLP είναι κατάλληλη για βάθη νερού από 610 έως 1.524 μέτρα περίπου (2000 έως 5000 πόδια). Μία τυπική πλατφόρμα διαθέτει εγκαταστάσεις επιφανείας με έκταση περίπου 6.000 τετραγωνικά μέτρα και μπορεί να στεγάσει έως και 100 άτομα³⁸.



Σχήμα 20: Πλατφόρμα «Olympus», η οποία δραστηριοποιείται στον κόλπο του Μεξικού από το 2014

Πηγή: Προσπελάστηκε 14/10/2016 στο www.offshoreenergytoday.com/shells-olympus-tlp-arrives-at-mars-field-location-usa/

³⁶ Μαυράκος Σ. Α., Μελέτη και Σχεδίαση Πλωτών Κατασκευών: Υδροδυναμική Ανάλυση (1989). Αθήνα: ΕΜΠ

³⁷ Jeom Kee Paik, Anil Kumar Thayamballi, Ship-shaped Offshore Installations, Design, Building and Operation (2007). Cambridge: Cambridge University Press

³⁸ Βλ. Λήμμα: Tension Leg Platforms, στο www.marinewiki.org. Προσπελάστηκε 14/6/2016.

Το κυριότερο θετικό γνώρισμα αυτής της κατηγορίας είναι ότι οι εγκαταστάσεις επιφανείας μπορούν να κατασκευαστούν σε ξεχωριστά «κομμάτια» (modules), τα οποία θα συγκεντρωθούν στην ακτή και στη συνέχεια θα ρυμουλκηθούν κοντά στο σημείο εγκατάστασης και λειτουργίας της πλατφόρμας³⁹. Στον αντίποδα, τα βασικά αρνητικά χαρακτηριστικά τους γνωρίσματα έχουν να κάνουν κατά πρώτον με το το υψηλό κόστος των προεντεταμένων συρματόσχοινων, που είναι άμεσα συγκρίσιμο με το κόστος ολόκληρης της γάστρας και δεύτερον με την υψηλή επικινδυνότητα της διαδικασίας εγκατάστασης⁴⁰. Ωστόσο, οι πλατφόρμες TLP «αποτελούν την πιο ενδιαφέρουσα εναλλακτική λύση στις σταθερές εξέδρες για μεγάλα βάθη νερού»⁴¹.

1.2.3 Αρθρωτοί πύργοι

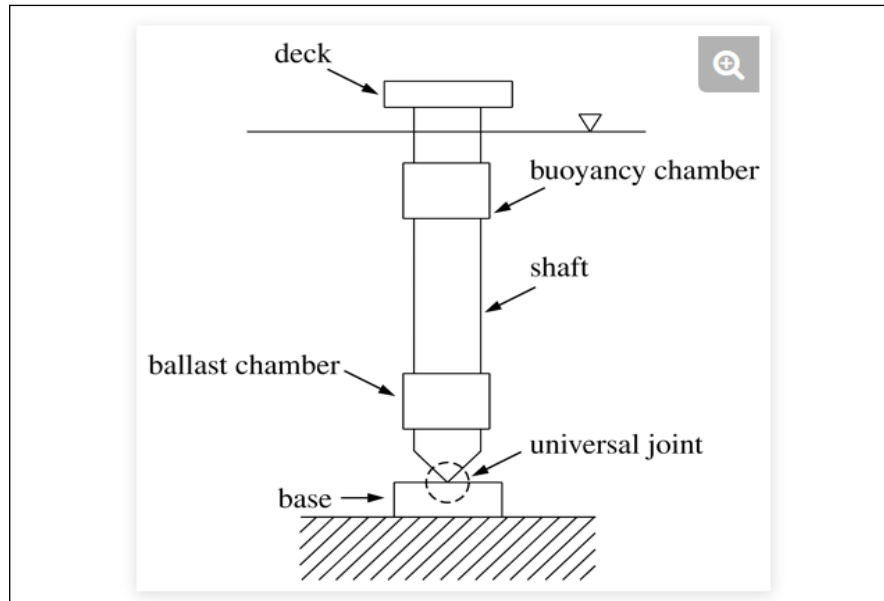
Οι αρθρωτοί πύργοι (articulated towers), όπως προαναφέρθηκε, είναι κατασκευές «αρθρωτά συνδεδεμένες στο κατώτερο άκρο τους με θεμελίωση, που βασίζεται στον πυθμένα της θάλασσας»⁴². Αναφορικά με το κόστος, επρόκειται για κατασκευές αρκετά ελκυστικές Σε αντίθεση με τις συμβατικές πλατφόρμες, που κατασκευάζονται για να είναι άκαμπτες στις περιβαλλοντικές φορτίσεις, οι αρθρωτοί πύργοι ως ενδίδουσες κατασκευές είναι εύκαμπτοι και σχεδιάζονται να κινούνται υπό την επίδραση των κυμάτων, των θαλασσιών ρευμάτων και του ανέμου. Πλεονέκτημα αποτελεί και το γεγονός ότι είναι σημαντικά ελαφρύτεροι συγκριτικά με τις συμβατικές σταθερές πλατφόρμες, ενώ παρουσιάζουν μεγαλύτερη ευκολία ως προς την κατασκευή.

³⁹ Ο. Π.

⁴⁰ Ο. Π.

⁴¹ Μαυράκος Σ. Α., Μελέτη και Σχεδίαση Πλωτών Κατασκευών: Υδροδυναμική Ανάλυση (1989). Αθήνα: ΕΜΠ

⁴² Ο. Π.



Σχήμα 21: Τυπική διάταξη αρθρωτού πύργου

Πηγή: Προσπελάστηκε 13/6/2016 στο rsta.royalsocietypublishing.org/content/366/1868/1231

1.3 Πλωτές κατασκευές⁴³

Η εντατικοποίηση των δραστηριοτήτων στο θαλάσσιο περιβάλλον με σκοπό την έρευνα και την εκμετάλλευση των θαλασσών, οδήγησε τα τελευταία χρόνια στην ανάπτυξη και εγκατάσταση σε λειτουργία ενός μεγάλου φάσματος θαλασσιών κατασκευών και ναυπηγημάτων. Οι προσπάθειες ιδιαίτερα για την εξαγωγή και εκμετάλλευση υδρογονανθράκων από θαλάσσιο περιβάλλον είχαν σαν

⁴³ Βλ. Σχετικά: - Risk Assessment Application for the Marine and Offshore Oil and Gas Industries (2000). Houston, USA: American Bureau of Shipping. Προσπελάστηκε 10/6/2016 στο [www.shipsuperintendent.com/Welcome/\(S\)%20A031.pdf](http://www.shipsuperintendent.com/Welcome/(S)%20A031.pdf)

-Carmichael R., Blackmore M. S., Nunan F. (2009). Managing Geohazards on Offshore Oil and Gas Projects, Houston, USA: Offshore Technology Conference. Προσπελάστηκε 10/6/2016 στο

<https://www.onepetro.org/conference-paper/OTC-20245-MS>

-Nadim F, Kvalstad T. J. (2007). Risk Assessment and Management for Offshore Geohazards. Oslo, Norway: International Centre for Geohazards/Norwegian Geotechnical

συνέπεια την ανάπτυξη της Offshore τεχνολογίας, που για πολλά βιομηχανικά κράτη αποτελεί βαρύνοντα παράγοντα της οικονομίας τους.

Υπάρχουν πολύ λιγότερες υπεράκτιες (offshore) κατασκευές σε όλο τον κόσμο από ό,τι μεταλλικές κατασκευές για τα κοινά κτίρια στη στεριά, και η μεγαλύτερη καθοδήγηση στη μελέτη για υπεράκτιες κατασκευές έγκειται στην έρευνα και την ανάπτυξη, η οποία εξελίσσεται πολύ γρήγορα για να συμβαδίσει με την ανάπτυξη στην παγκόσμια αγορά πετρελαίου και φυσικού αερίου. Ως εκ τούτου, όλες οι μεγάλες εταιρείες εξερεύνησης και παραγωγής πετρελαίου και φυσικού αερίου υποστηρίζουν και χορηγούν τις έρευνες για την βελτίωση της μελέτης και της αξιοπιστίας των υπεράκτιων κατασκευών, προκειμένου να αυξήσουν τα έσοδα από τα έργα τους σχετικά με την εξόρυξη πετρελαίου και τα πάγια περιουσιακά τους στοιχεία.

Η Offshore τεχνολογία και η παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου έχει αναπτυχθεί αρκετά πέρα από τις αρχικές πλατφόρμες που χρησιμοποιούσαν σωρούς ξύλων για τη στήριξη της βάσης τους. Παρόλα αυτά όμως η κατασκευή τέτοιων ναυπηγημάτων είναι πολύ δαπανηρή και γιαυτό πρωτού γίνει οποιαδήποτε δραστηριότητα, απαιτείται μελέτη και εξερεύνηση για την εξακρίβωση ύπαρξης ή μη πετρελαίου ή φυσικού αερίου. Αυτό γίνεται μέσω κινητών εξεδρών με ειδικά συστήματα γεώτρησης, που αν διαπιστώσουν επαρκή ποσότητα παραμένουν στην πηγή έως ότου κατασκευαστεί μια μόνιμη πλατφόρμα παραγωγής.

Η τεχνολογία, η νομοθεσία και η γεωλογία έσπρωξε την εξερεύνηση για κοιτάσματα πετρελαίου πολύ μακρύτερα από τις ακτές των Η.Π.Α., καθώς οι αντίστοιχες χερσαίες επιχειρήσεις έγιναν λιγότερο αποδοτικές, και η παγκόσμια ζήτηση για ενέργεια αυξήθηκε ραγδαία. Η παραγωγή πετρελαίου στα ανοικτά των ακτών της Αμερικής ξεκίνησε με καλές προοπτικές περισσότερο από έναν αιώνα πριν, αλλά η μετάβαση σε επιχειρήσεις βαθέων και υπερ-βαθέων υδάτων είναι ένα σχετικά πρόσφατο φαινόμενο.

1.3.1 Είδη πλωτών κατασκευών

Τα πλωτά ναυπηγήματα (floating structures) χαρακτηρίζονται από τη δυνατότητα μετακίνησής τους. Οι κυριότερες κατασκευές αυτής της κατηγορίας είναι τα γεωτρητικά σκάφη (drilling ships), οι jack-

up πλατφόρμες, οι βυθιζόμενες εξέδρες (submersible platforms), οι πλωτές ημιβυθιζόμενες πλατφόρμες (semisubmersible platforms) και οι πλατφόρμες spar⁴⁴.

1.3.2 Γεωτρητικά σκάφη

«Τα γεωτρητικά σκάφη είναι πλοία επιφανείας εφοδιασμένα με κατάλληλη γεωτρητική εγκατάσταση»⁴⁵. Πρόκειται για συμβατικά πλοία, τα οποία όμως είναι εφοδιασμένα με τον απαραίτητο γεωτρητικό εξοπλισμό καθώς και σύστημα αγκύρωσης πολλαπλών κλάδων, που επιτρέπει τον προσανατολισμό κατά τη διεύθυνση πρόσπτωσης των κυμάτων, με στόχο τη μείωση των κινήσεων. Για τον συγκεκριμένο τύπο χρησιμοποιούνται «προσωρινά συστήματα αγκύρωσης» (temporary mooring systems), τα οποία «κατασκευάζονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε εύκολα μπορούν να εγκατασταθούν και να επαναποθετηθούν»⁴⁶. Ωστόσο «δεν σχεδιάζονται ώστε να ανθίστανται σε πολύ ισχυρές περιβαλλοντολογικές επιδράσεις, που σημαίνει ότι σε ισχυρές καταιγίδες μπορεί να μετακινηθούν υπέρ του δέοντος ή μπορούν να προσαρμόσουν το σύστημα αγκύρωσής τους, ώστε να αντισταθούν στις καταιγίδες»⁴⁷. Αυτό επιτυγχάνεται με κυλιόμενη έδραση του γεωτρώπανου που επιτρέπει την περιστροφή του κατά τον κατακόρυφο άξονά του⁴⁸.

Στην εικόνα που ακολουθεί βλέπουμε το γεωτρητικό σκάφος “Sairam 10000”, το οποίο συμμετείχε το γεωτρητικό πρόγραμμα της κοινοπραξίας Eni Cyprus Ltd/Kogas (ανόρυξη γεώτρησης «Ονασαγόρας #1») εντός του Τεμαχίου 9, στην Αποκλειστική Οικονομική Ζώνη (ΑΟΖ) της Κυπριακής Δημοκρατίας.

⁴⁴ Μαυράκος Σ. Α., Μελέτη και Σχεδίαση Πλωτών Κατασκευών: Υδροδυναμική Ανάλυση (1989). Αθήνα: ΕΜΠ

⁴⁵ Ο. Π.

⁴⁶ Μαυράκος Σ. Α., Χατζηγεωργίου Ι. Κ. (2007). Αγκυρώσεις πλωτών κατασκευών. Αθήνα: ΕΜΠ, Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών

⁴⁷ Ο. Π.

⁴⁸ Σταματάκη Σ. (2001). Τεχνολογία Γεωτρήσεων Αθήνα: ΕΜΠ. Προσπελάστηκε 15/5/2016 στο www.metal.ntua.gr

Τα βασικά χαρακτηριστικά του έχουν ως εξής:

Ολική Χωρητικότητα (GRT): **59221**

Χωρητικότητα (DWT): **61118 t**

Length Overall x Μέγιστο Πλάτος: **227.81m × 106m**

Έτος κατασκευής: **2000**



Σχήμα 22: Γεωτρητικό σκάφος “Saipem 10000”

Πηγή: Προσπελάστηκε 17/8/2016 στο marinetraffic.com

1.3.3 Βυθιζόμενες και ημι-βυθιζόμενες πλατφόρμες

Οι βυθιζόμενες πλατφόρμες χρησιμοποιούνται σε ρηγά ύδατα, ενώ οι ημιβυθιζόμενες σε πολύ μεγαλύτερα βάθη. Οι πλατφόρμες αυτές έχουν καλύτερη δυναμική συμπεριφορά σε κυματισμούς έναντι των γεωτρητικών σκαφών. Οι ημιβυθιζόμενες πλατφόρμες χαρακτηρίζονται από το ότι έχουν πυλώνες, που τους παρέχουν επαρκή άντωση ώστε η δομή να μπορεί να επιπλέει αλλά και επαρκές βάρος για να μπορεί να διατηρείται σταθερή. Διαθέτουν ικανότητα ερματισμού και αφερματισμού μέσω της αλλαγής του έρματος στις δεξαμενές πλευστότητας (buoyancy tanks). Χρησιμοποιούνται σε

βάθη από 180 έως 1800 μέτρα⁴⁹. Αρχικά, προορίζονταν κυρίως για γεώτρηση αλλά στη συνέχεια, χρησιμοποιούνται και για παραγωγή.

Οι πλατφόρμες αυτές μπορούν να μετακινηθούν από τόπο σε τόπο. «Μεταφέρονται στη θέση του έργου ρυμουλκούμενες ή αυτοπροωθούμενες, με τους πυλώνες εκτός νερού. Φέρουν έλικες πρόωσης για κίνηση και ρύθμιση της ακριβούς θέσης της εξέδρας πάνω από τη θέση της γεώτρησης, ανάλογα με τον κυματισμό και τα θαλάσσια ρεύματα»⁵⁰.

Στο σημείο εγκατάστασης και λειτουργίας τους, κατά τις εργασίες γεώτρησης, παραμένουν σταθερές είτε με σύστημα αγκύρωσης (chain anchors) είτε με τη χρήση δυναμικών συστημάτων σταθεροποίησης (dynamic positioning). «Διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, αυτές με τις πολλαπλές γάστρες (multi-hull) πάνω στις οποίες στηρίζονται οι κατακόρυφοι πυλώνες, που στηρίζουν με τη σειρά τους το κατάστρωμα και σε αυτές με τους πολλαπλούς πυλώνες (multi-legs)»⁵¹.

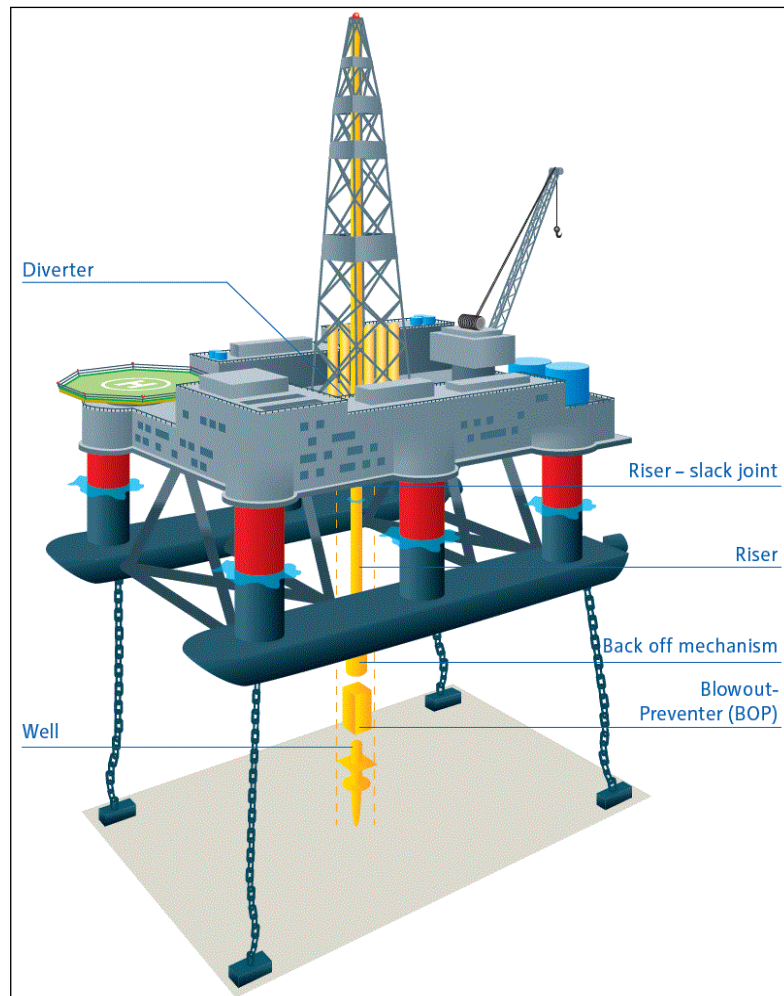
Στην περίπτωση των πλωτών ημιβυθιζόμενων κατασκευών ορίζονται τρία διαφορετικά βυθίσματα: α) Το βύθισμα κατά τη μεταφορά στον τόπο λειτουργίας, όταν οι πυλώνες βρίσκονται εκτός νερού. β) Το βύθισμα κατά την κατάσταση λειτουργίας, δηλαδή το βύθισμα κατά τη φάση της γεώτρησης, όταν η κατασκευή πλέει ημιβυθισμένη. γ) Το βύθισμα στη δυσμενέστερη κατάσταση συνθηκών περιβάλλοντος (survival condition)⁵².

⁴⁹ Γραμματικάκη Αικ. (Δεκέμβριος 2013). Μελέτη ατυχημάτων σύγκρουσης υπεράκτιων πλατφορμών πετρελαίου και φυσικού αερίου με πλοία, και ατυχημάτων blowout με χρήση μετα-ανάλυσης και δικτύων πίστεως. ΕΜΠ: Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών

⁵⁰ Σταματάκη Σ. (2001). Τεχνολογία Γεωτρήσεων Αθήνα: ΕΜΠ. Προσπελάστηκε 15/5/2016 στο www.metal.ntua.gr

⁵¹ Μαυράκος Σ. Α., Μελέτη και Σχεδίαση Πλωτών Κατασκευών: Υδροδυναμική Ανάλυση (1989). Αθήνα: ΕΜΠ

⁵² Ο. Π.



Σχήμα 23: Τυπική διάταξη πλωτής ημιβυθιζόμενης εξέδρας

Πηγή: Προσπελάστηκε 25/6/2016 στο www.petroservint.com, ιστοτοπος του National Oil and Gas Company of Lebanon

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα των πλωτών ημιβυθιζόμενων εξεδρών είναι η «καλή δυναμική συμπεριφορά τους σε κυματισμούς, η υψηλή ταχύτητα μεταφοράς τους στον τόπο λειτουργίας τους και η μεγάλη επιφάνεια καταστρώματος που προσφέρουν». Τα κυριότερα μειονεκτηματά τους είναι «το υψηλό κόστος κατασκευής και συντήρησης, η μειωμένη δυνατότητα ωφέλιμου φορτίου στο κατάστρωμα, η μειωμένη στατική ευστάθεια και περιθώρια άντωσης, οι μειωμένες δυνατότητες δεξαμενισμού και η μειωμένη δυνατότητα διέλευσής τους από τις διώρυγες του Σουέζ και του Παναμά στην περίπτωση διηπειρωτικής μεταφοράς τους⁵³.

⁵³ Ο. Π.

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η πλωτή ημιβυθιζόμενη πλωτή κατασκευή «Polyarnaya Zvezda» είναι αυτοκινούμενη, αποτελούμενη από δύο ποντόνια και έξι κολώνες. Η συγκεκριμένη είναι κατάλληλη για εξερεύνηση και γεωτρήσεις πετρελαίου και φυσικού αερίου σε 7500 μέτρα βάθος στη θάλασσα και από 70 έως 500 μέτρα «σπασμένου» πάγου, πάχους έως 70 εκατοστών. Ο εξοπλισμός της είναι σχεδιασμένος ούτως ώστε να λειτουργεί με ασφάλεια σε θερμοκρασίες έως - 30 ° C⁵⁴.



Σχήμα 24: Αυτοκινούμενη ημιβυθιζόμενη πλωτή κατασκευή «Polyarnaya Zvezda» της εταιρείας Gazprom
Πηγή: Προσπελάστηκε 25/6/2016 στο www.gazprom.com/press/gallery/subsidiaries/gazprom-flot

1.3.4 Πλατφόρμες jack-up

Οι πλατφόρμες τύπου jack-up είναι οι ευρύτερα χρησιμοποιούμενες σήμερα κατασκευές για την εξόρυξη υποθαλασσιών γεωτρήσεων. Η κατασκευή είναι πλήρως αυτοδύναμη, δηλαδή φέρει όλο τον

⁵⁴ Βλ. Σχετικά: Infield Rigs database (2016). Infield Systems Ltd 2016. Προσπελάστηκε 15/6/2016 στο www.infield.com/rigs/polyarnaya-zvezda-polar-star-semisub-60911

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

απαιτούμενο εξοπλισμό για τις εργασίες και το προσωπικό αλλά συνοδεύεται από ένα εφεδρικό πλοiάριο για λόγους ασφαλείας⁵⁵.

Ο όρος «Jack up» αναφέρεται σε μία παράκτια δομή, η οποία αποτελείται από τη γάστρα (hull), τους πυλώνες ή πόδια (legs), που στηρίζουν το πλωτό μέρος και από ένα σύστημα ανύψωσης. Οι συγκεκριμένες ρυμουλκούνται στην επιθυμητή τοποθεσία με ανυψωμένους τους πυλώνες. Στη συνέχεια, οι πυλώνες κατέρχονται, εδράζονται στον πυθμένα και το πλωτό μέρος ανυψώνεται στον αέρα, έτσι ώστε να παρέχεται ένα σταθερό κατάστρωμα εργασίας. Αφού ολοκληρωθεί η διάτρηση, οι πυλώνες ανυψώνονται εκ νέου και η εξέδρα ρυμουλκείται σε νέα θέση⁵⁶.



Σχήμα 25: Πλατφόρμα «Nerptune» κατασκευασμένη το 2013 με μέγιστο βάθος λειτουργίας τα 9.144 μέτρα, ανήκει στην εταιρεία «Eurasia Drilling» και δραστηριοποιείται στη Ρωσία

Πηγή: Προσπελάστηκε 17/5/2016 στο Eurasia drilling.com

Θα πρέπει να σημειώσουμε πως υπάρχουν κάποιοι περιορισμοί στη χρήση των μονάδων jack-up. Ως εκ τούτου, θα πρέπει να επισημανθεί πως υπάρχουν συγκεκριμένα όρια φορτώσεως του

⁵⁵ Μαυράκος Σ. Α., Μελέτη και Σχεδίαση Πλωτών Κατασκευών: Υδροδυναμική Ανάλυση (1989). Αθήνα: ΕΜΠ

⁵⁶ Ο. Π.

καταστρώματος κατά τη φάση που η πλατφόρμα επιπλέει, περιορισμοί στη δυνατότητα μεταφοράς φορτίων κατά την ανύψωση της γάστρας, ενώ θα πρέπει να γίνεται πολύ προσεκτικά η επιλογή του πυθμένα. Γίνονται συνεχώς προσπάθειες για επέκταση των δυνατοτήτων των jack-up, γεγονός που οφείλεται στα πλεονεκτήματα που προσφέρουν κατά τη χρήση τους.



Σχήμα 26: Τυπική διάταξη μιας Jack-up

Πηγή: Προσπελάστηκε 8/4/2016 στο marinewiki.org

1.3.4.1 Γάστρα (hull)

Το συγκεκριμένο σημείο της κατασκευής είναι στεγανό, ούτως ώστε να είναι σε θέση να υποστηρίξει τον εξοπλισμό και το προσωπικό και να πραγματοποιούνται οι δέουσες εργασίες εντός της. Στην περίπτωση που οι πυλώνες της κατασκευής ανυψώνονται προκειμένου να πλεύσει η κατασκευή, τότε η γάστρα δύναται να παράσχει την απαιτούμενη πλευστότητα στην κατασκευή, είτε λόγω του βάρους των πυλώνων είτε λόγω του μεταβαλλόμενου φορτίου της πλατφόρμας⁵⁷. Ένα από τα πλεονεκτήματα είναι ότι προσφέρει μια σταθερή και σχετικά ελεύθερη κίνηση στη θέση διάτρησης , ενώ

⁵⁷ Βλ. Λήμμα: Jack-up units στο www.marinewiki.org. Προσπελάστηκε 26/6/2016

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

κινητοποιείται σχετικά γρήγορα και εύκολα⁵⁸. Οι πλατφόρμες αυτές λειτουργούν σε ύψος κύματος μέχρι 24,5 μέτρα και σε ταχύτητες ανέμου άνω των 100 κόμβων.

Σημαντικό ρόλο επιτελεί το μέγεθος της γάστρας της συγκεκριμένης πλατφόρμας. Όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος και το πλάτος της γάστρας τόσο μεγαλύτερο φορτίο δύναται να μεταφέρει κατά τη διάρκεια της πλεύσης της, καθώς με τον τρόπο αυτό διευρύνεται η επιφάνεια καταστρώματος και αυξάνεται η άντωση της υπεράκτιας κατασκευής. Επιπλέον, μία μεγάλη γάστρα δίνει τη δυνατότητα για κατασκευή ενός ευρύχωρου μηχανοστασίου και ενός καταστρώματος με περισσότερους ελεύθερους χώρους για αποθήκευση αγωγών και εξοπλισμού⁵⁹.



Σχήμα 27: Η γάστρα της πλατφόρμας “Maersk Intrepid” η οποία δραστηριοποιείται δυτικά της Νοβηγίας

Πηγή: Προσπελάστηκε 30/5/2016 στο marinetraffic.com

Βέβαια θα πρέπει να σημειωθεί ότι η «διευρυμένη» γάστρα δύναται να προκαλέσει πολλά προβλήματα, εξαιτίας των ανέμων που επικρατούν στην περιοχή λειτουργίας αλλά και των κυματισμών που αναπτύσσονται εντός της θάλασσας. Ακόμη, ενδέχεται να προκύψουν ζητήματα σε σχέση με την ανύψωση της κατασκευής, λόγω του μεγάλου βάρους της⁶⁰.

⁵⁸ Βλ. Λήμμα: Jack-up units στο www.petrowiki.org. Προσπελάστηκε 26/6/2016

⁵⁹ Silcox W. H. (κ.α.). (1987). Offshore Operations, στο Handbook of Petroleum Engineering. Επιμ.: Howard Bradley. Texas: Society of Petroleum Engineers

⁶⁰ Childers M. (1987). Offshore Drilling Units στο Handbook of Petroleum Engineering. Επιμ.: Howard Bradley. Texas: Society of Petroleum Engineers

Αξίζει δε να σημειωθεί πως ιδιαίτερος σημαντική συνθήκη για μια τέτοιου τύπου πλατφόρμα είναι το βύθισμα και συνεπώς το ύψος εξάλων. Ανάμεσα σε δύο πλατφόρμες με πανομοιότυπες γάστρες, αυτή με το μεγαλύτερο βύθισμα θα έχει μικρότερη ευστάθεια κατά την κατάσταση πλεύσης της, ενώ αυτή με το μεγαλύτερο ύψος εξάλων, θα έχει το μεγαλύτερο περιθώριο ευστάθειας⁶¹.

1.3.4.2 Πυλώνες και πέδιλα (Legs and footings)

Το βασικό δομικό στοιχείο των πεδίων και των πυλώνων μιας τέτοιου τύπου πλατφόρμας είναι ο χάλυβας. Τα δύο αυτά βοηθούν την κατασκευή να διαθέτει επαρκή ευστάθεια αλλά και την ενδεδειγμένη αντίσταση στις πλευρικές φορτίσεις. Ακόμη, υποστηρίζουν τη γάστρα στην περίπτωση της ανύψωσης. Οι πυλώνες μπορεί να έχουν μήκος μέχρι και πάνω από 150 μέτρα και να βρίσκονται πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας κατά τη ρυμούλκηση της πλατφόρμας.

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το κέντρο βάρους της κατασκευής να βρίσκεται «ψηλότερα», κάτι το οποίο λειτουργεί αρνητικά εν γένει στην ευστάθεια της κατασκευής. Αξίζει πάντως να σημειωθεί πως κατά τη διάρκεια της ανύψωσης οι πυλώνες δέχονται φορτίσεις από τον άνεμο, τα κύματα και τα ρεύματα. Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι η ακαμψία μίας τέτοιας πλατφόρμας μειώνεται με την αύξηση του βάθους του νερού στο οποίο θα λειτουργήσει⁶².

⁶¹ Bourgoyne A., Millheim K., Chenevert M., Young F.S. (1987). Applied Drilling Engineering. Texas: Society of Petroleum Engineers

⁶² Βλ. Λήμμα: Jack-up units στο www.petrowiki.org. Προσπελάστηκε 26/6/2016



Σχήμα 28: Τα πέλδια της πλατφόρμας «Rowan Gorilla» η οποία δραστηριοποιείται βορειοδυτικά της Δανίας

Πηγή: Προσπελάστηκε 16/6/2016 στο
en.wikipedia.org/wiki/Jackup_rig#/media/File:Rowan_Gorilla_VII_Drilling_Rig_Jackup_Independent_Leg_Cantilever-1W.jpg

Δύο είναι οι βασικοί τύποι πυλώνων, που χρησιμοποιούνται στις πλατφόρμες jack-up: οι open-truss και οι columnar. Οι πρώτοι ομοιάζουν με ηλεκτρικούς πύργους, είναι γερές και παράλληλα μικρού βάρους κατασκευές, ενώ οι δεύτεροι έχουν κιονοειδές ή ορθογωνικό σχήμα, είναι οικονομικότεροι αλλά λιγότερο σταθεροί από τους πρώτους και παρουσιάζουν περισσότερα και συχνότερα προβλήματα έναντι φορτίσεων από το νερό⁶³.

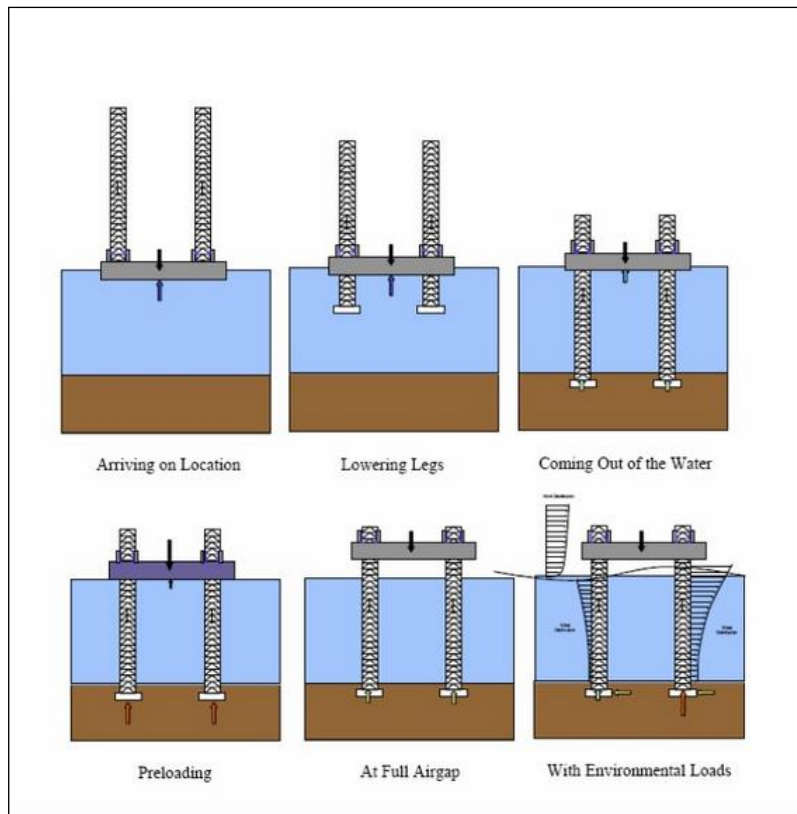
⁶³ Γραμματικάκη Αικ. (Δεκέμβριος 2013). Μελέτη ατυχημάτων σύγκρουσης υπεράκτιων πλατφορμών πετρελαίου και φυσικού αερίου με πλοία, και ατυχημάτων blowout με χρήση μετα-ανάλυσης και δικτύων πίστωσης. ΕΜΠ: Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών

1.3.4.3 Εξοπλισμός (Equipment)

Υπάρχουν τρεις ομάδες, ο «Ναυτικός Εξοπλισμός», ο «Εξοπλισμός Αποστολής» και ο «Εξοπλισμός Ανύψωσης». Ο πρώτος περιλαμβάνει τον εξοπλισμό και τα συστήματα που βρίσκονται πάνω στην πλατφόρμα, που δε σχετίζονται με το δεύτερο. Στον πρώτο περιλαμβάνονται συμπεριλαμβάνονται στοιχεία όπως οι κύριες μηχανές, σωληνώσεις καυσίμων πετρελαίου, πίνακες διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, σωσίβιες λέμβοι, ραντάρ, εξοπλισμός επικοινωνίας, εγκαταστάσεις μαγειρείων κλπ. Ο «Ναυτικός Εξοπλισμός» δεν εμπλέκεται άμεσα με την αποστολή της πλατφόρμας αλλά είναι αναγκαίος για την εκτέλεση του έργου.

Ο «Εξοπλισμός Αποστολής» αναφέρεται σε εκείνον τον εξοπλισμό και τα συστήματα, που φέρει η πλατφόρμα και που είναι απαραίτητα για την εκπλήρωση της αποστολής της. Παραδείγματα εξοπλισμού αποστολής μπορεί να περιλαμβάνουν πύργους, αντλίες λάσπης, σωληνώσεις λάσπης, συστήματα ελέγχου γεωτρήσεων, εξοπλισμό παραγωγής, γερανούς, ανιχνευτές αερίων

Ο «Εξοπλισμός Ανύψωσης» αναφέρεται στον εξοπλισμό και τα συστήματα, που βρίσκονται πάνω στην πλατφόρμα και που είναι απαραίτητα προκειμένου η γάστρα να ανυψωθεί, να χαμηλώσει και να σταθεροποιηθεί το σύστημα γάστρα-πυλώνες της πλατφόρμας.



Σχήμα 29: Διαγραμματική απεικόνιση της λειτουργίας μιας jack-up πλατφόρμας. Αφίξη και εγκατάσταση μίας πλατφόρμας jack-up στον τόπο λειτουργίας της α) Αφίξη στην επιθυμητή τοποθεσία β) Οι πυλώνες κατεβαίνουν γ) Η γάστρα αρχίζει να ανυψώνεται δ) Προφόρτιση ε) Η γάστρα είναι ολόκληρη έξω από τη θάλασσα στ) Υπό περιβαλλοντικές φορτίσεις

Πηγή: Jack-up Units, A Technical Primer for the Offshore Industry Professional. (2005). Προσπελάστηκε 10/3/2016 στο <http://www.keppelom.com/en/content.aspx?sid=3623>

1.3.5 Πλατφόρμες spar

Οι πλωτές εξέδρες spar αποτελούν μια άλλη κατηγορία κατασκευών. Είναι κυλινδρικές και χρησιμοποιούνται για την παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου, αλλά και για την αποθήκευση υδρογονανθράκων⁶⁴. Το συγκεκριμένο είδος είναι ακίνητο, καθώς μετά την εκμετάλλευση της όποιας περιοχής οδεύει προς διάλυση και ενδεχομένως «ανακύκλωση» ορισμένων υλικών. Οι πλατφόρμες spar είναι από τις μεγαλύτερες χρησιμοποιούμενες εξέδρες και προορίζονται για χρήση σε πολύ βαθιά

⁶⁴ βλ. Λήμμα: Spar Platform στο www.globalsecurity.org/military/systems/ship/platform-spar.htm. Προσπελάστηκε 16/6/2016

ύδατα, καθώς δύνανται να επιχειρήσουν μέχρι και σε βάθος περίπου 3 χιλιομέτρων. Τα τέσσερα κυριότερα τμήματα μίας spar πλατφόρμας είναι ο σκελετός ή γάστρα (hull), το σύστημα αγκύρωσης (mooring system), οι υπερκατασκευές (topsides) και το σύστημα αγωγών-risers⁶⁵.

Το συγκεκριμένο είδος αποτελείται από έναν κάθετο στο επίπεδο της θάλασσας κυλινδρικό σκελετό, ο οποίος δεν εκτείνεται ως τον πυθμένα της, αλλά αγκυρώνεται. Το μεγαλύτερο μέρος του κυλίνδρου βρίσκεται εντός της θάλασσας, ενώ συμβάλλει στη σταθεροποίηση της πλατφόρμας και επιτρέπει την κίνησή της με στόχο την απορρόφηση δυνάμεων σε περίπτωση εκδήλωσης ακραίων καιρικών φαινομένων, κατά τα οποία αναπτύσσονται άνεμοι με ιδιαίτερος υψηλές ταχύτητες⁶⁶.

Το κύριο στοιχείο μίας εγκατάστασης spar είναι ο πλωτός θάλαμος που φτάνει σε μεγάλο βάθος ή ο κοίλος κυλινδρικός σκελετός της. Ο σκελετός είναι περικυκλωμένος από σπειροειδείς σειρές ελασμάτων ώστε να αυξάνεται η ευστάθεια της κατασκευής. Επιπλέον, το κατώτερο τμήμα του κυλίνδρου, περιλαμβάνει έναν τομέα για το σταθερό έρμα. Ως σταθερό έρμα επιλέγεται κάποιο υλικό, με βάρος μεγαλύτερο εκείνου του θαλασσινού νερού προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι το κέντρο βάρους της κατασκευής θα βρίσκεται κάτω από το κέντρο άντωσης⁶⁷.

Είναι γεγονός πως οι συγκεκριμένες κατασκευές μπορούν να υποστηρίξουν μεγάλα βάρη υπερκατασκευών, ενώ μπορούν να λειτουργήσουν σε μεγάλο εύρος βάθους νερού από 300 μέτρα μέχρι και 3 χιλιόμετρα είτε για γεώτρηση και παραγωγή είτε μόνο για παραγωγή. Είναι ιδιαίτερα σταθερές κατασκευές, διότι το κέντρο άντωσης (CB, Center of Buoyancy) βρίσκεται πάντοτε πάνω από το κέντρο βάρους της κατασκευής (CG, Center of Gravity).

Τα συστήματα πρόσδεσης (mooring systems) που διαθέτει αυξάνουν το βάρος. Ειδικότερα χρησιμοποιούν μόνιμα συστήματα αγκύρωσης (permanent mooring systems), τα οποία «πρέπει να έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να ανθίστανται στις πλέον ακραίες περιβαλλοντολογικές επιδράσεις που αναμένονται στην περιοχή εγκατάστασής τους. Τα συστήματα αυτά σχεδιάζονται για να ανθίστανται

⁶⁵ βλ. Λήμμα: Spar Platform στο www.marin.nl/web/Ships-Structures/Offshore-structures/Spar.htm. Προσπελάστηκε 16/6/2016.

⁶⁶ βλ. Λήμμα Spar Platform στο www.marinescienceandtechnology.com/news/keywords/s/spar-platforms. Προσπελάστηκε 16/6/2016.

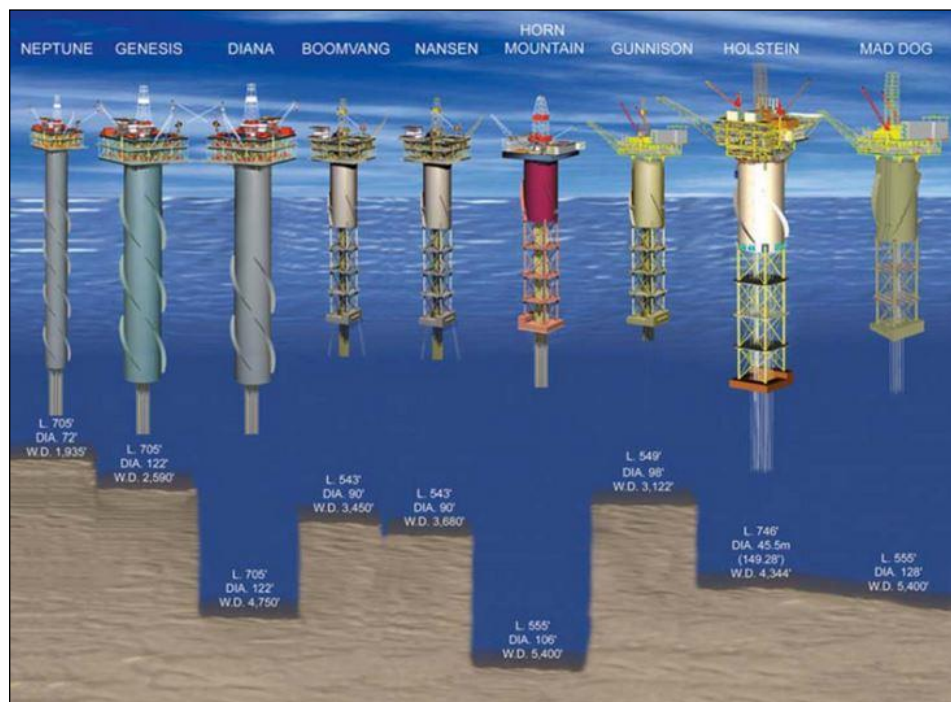
⁶⁷ Γραμματικάκη Αικ. (Δεκέμβριος 2013). Μελέτη ατυχημάτων σύγκρουσης υπεράκτιων πλατφορμών πετρελαίου και φυσικού αερίου με πλοία, και ατυχημάτων blowout με χρήση μετα-ανάλυσης και δικτύων πίστωσης. ΕΜΠ: Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών

κάτω από τις χειρότερες συνθήκες της περιοχής εγκατάστασης, για 50 ή 100 έτη, ενώ η διάρκεια της ζωής τους χωρίς να υποστούν κόπωση πρέπει να είναι 20 με 30 έτη»⁶⁸. Επειδή τα κάθετα φορτία από τα συστήματα πρόσδεσης είναι σχετικά μικρά έναντι των γενικών φορτίων στο συγκεκριμένο τύπο πλατφόρμας (χαρακτηριστικά λιγότερο από 5% της μετατόπισης), ακόμη και ένας διπλασιασμός του βάθους νερού προκαλεί μόνο μια δευτερεύουσα αύξηση στα φορτία. Η μεγαλύτερη πρόκληση πολύ στα βαθιά νερά είναι να διατηρηθεί ένα κατάλληλα δύσκαμπτο σύστημα πρόσδεσης που θα περιορίσει τα μεγάλα φορτία. Το βάρος των γραμμών πρόσδεσης χάλυβα τους καθιστά λιγότερο αποδοτικούς στο εξαιρετικά-βαθύ νερό, αν και ο πολυεστέρας και άλλα συνθετικά υλικά εμφανίζονται να είναι μια ελκυστική λύση σε αυτό το πρόβλημα⁶⁹.

Επειδή οι κινήσεις της κατασκευής είναι γενικά ανεξάρτητες από το βάθος νερού, οι ίδιες έννοιες συστημάτων μετωπών (είτε για τη διάτρυση είτε την παραγωγή) κατάλληλες για τα ρηγά νερά είναι επίσης κατάλληλες για το εξαιρετικά-βαθύ νερό. Οι μετώπες εγκαθίστανται μέσω του κέντρου τις προστατεύει από το κύμα και τις δυνάμεις που αναπτύσσονται λόγω ρευμάτων. Στα σχήματα που ακολουθούν παρατηρούμε διαφόρους τύπους spar πλατφορμών.

⁶⁸ Μαυράκος Σ. Α., Χατζηγεωργίου Ι. Κ. (2007). Αγκυρώσεις πλωτών κατασκευών. Αθήνα: ΕΜΠ, Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών

⁶⁹ Skaug L. C. (1998). New designs advance spar technology into deeper water, στο Oil and Gas Journal. Texas: PennWell Corporation. Προσπελάστηκε 24/6/2016 στο www.ogj.com/articles/print/volume-96/issue-44/in-this-issue/general-interest/new-designs-advance-spar-technology-into-deeper-water.html



Σχήμα 30: Διαφορετικές πλατφόρμες τύπου Spar

Πηγή: Προσπελάστηκε 13/5/2016 στο oilpro.com/q/376/what-is-a-spar

Οι πλατφόρμες spar διακρίνονται σε τρεις βασικές κατηγορίες με βάση τη μορφή του σκελετού τους⁷⁰.

A) **Κλασική ή παραδοσιακή ή συμβατική spar** (Classic or Traditional or Conventional spar), που έχει έναν σκελετό κυλινδρικής μορφής.

B) **Truss spar**, που περιλαμβάνει τρία τμήματα, το άνω κυλινδρικό τμήμα, που ονομάζεται «σκληρή» δεξαμενή (hard tank), το μεσαίο τμήμα (middle section) και τη δεξαμενή «τρόπιδας» (keel tank) και

Γ) **Cell spar**, που είναι κατασκευασμένη από πολλαπλάσιους κάθετους κυλίνδρους.

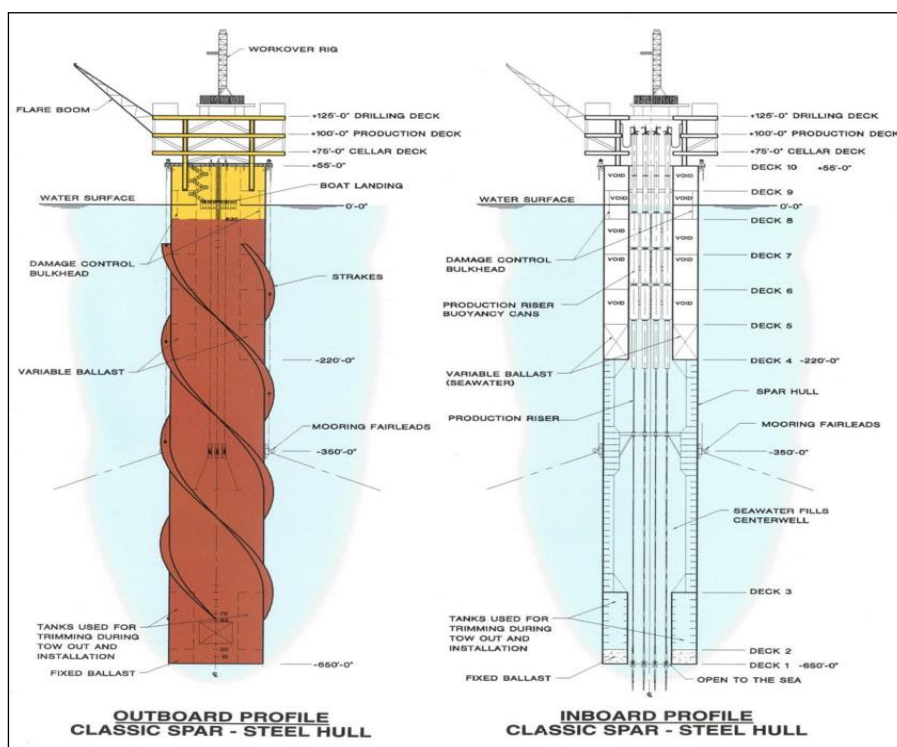
A) Κλασική spar

Ο συγκεκριμένος τύπος διαθέτει ένα κατακόρυφο κύλινδρο ως σκελετό, που διαχωρίζεται σε τρεις τομείς, τον άνω, τον μεσαίο και τον κάτω. Ο άνω τομέας περιλαμβάνει ένα κεντρικό φρεάτιο γεμάτο

⁷⁰ Βλ. Λήμμα: Spar Platform στο www.globalsecurity.org/military/systems/ship/platform-spar.htm. Προσπελάστηκε 16/6/2016

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

με νερό, γύρω από το οποίο βρίσκονται στεγανά διαμερίσματα. Το κεντρικό φρεάτιο περιέχει αγωγούς διαφόρων ειδών, που είναι προστατευμένοι από τον κύλινδρο. Όσον αφορά στον μεσαίο τομέα, συνηθίζεται επίσης, η κατάκλυσή του με θαλασσινό νερό, αν και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποθήκευση πετρελαίου. Ο τομέας του πυθμένα (κάτω τομέας) είναι χωρισμένος σε διαμερίσματα, προκειμένου να παρέχει πλευστότητα κατά τη μεταφορά της πλατφόρμας και για αυτό το λόγο εμπεριέχει έρμα. Σημαντικό ρόλο στην πλευστότητα της κατασκευής διαδραματίζει το άνω τμήμα. Στην εικόνα που ακολουθεί διακρίνονται η εξωτερική και η εσωτερική όψη μίας κλασικής πλατφόρμας spar με χαλύβδινο σκελετό.



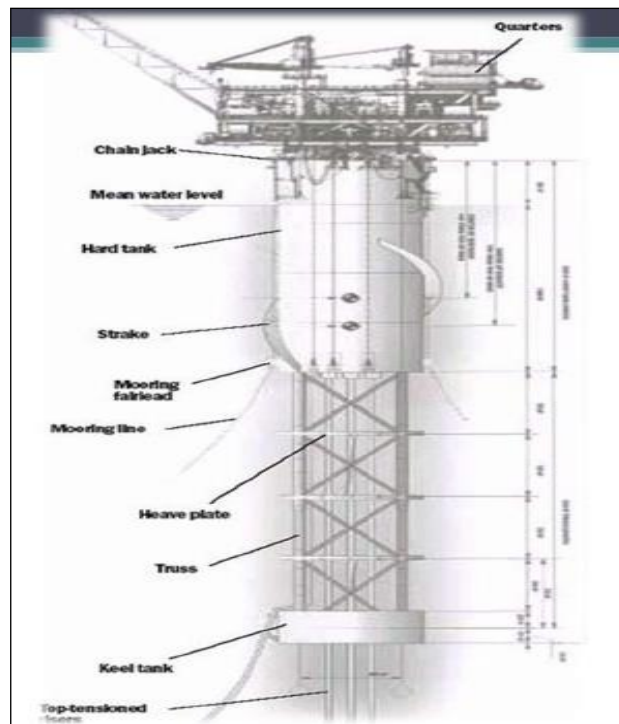
Σχήμα 31: Η εξωτερική και εσωτερική όψη μιας κλασικής spar

Πηγή: Προσπελάστηκε 13/5/2016 στο www.slideshare.net/ajw563/spar-platforms-1364883

B) Truss spar

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Σε αυτόν τον τύπο κύλινδρος-σκελετός είναι μικρότερος σε σχέση με αυτόν της κλασικής spar, διότι το κατώτερο τμήμα του σκελετού της πλατφόρμας έχει αντικατασταθεί από μία ζώνη (truss). Σε σύγκριση με τις κλασικές παρουσιάζουν το πλεονέκτημα της ευκολότερης κατασκευής, οπότε και του χαμηλότερου κόστους, το οποίο παράγουν, καθώς χρησιμοποιείται μικρότερη ποσότητα χάλυβα για την κατασκευή τους. Η πλατφόρμα truss spar χωρίζεται σε τρεις τομείς, τον άνω κυλινδρικό τομέα, που αναφέρεται ως hard tank, τον μεσαίο τομέα ζώνης και τον κατώτερο τομέα⁷¹. Στην εικόνα παρατηρούμε μια τυπική μορφή truss spar πλατφόρμας

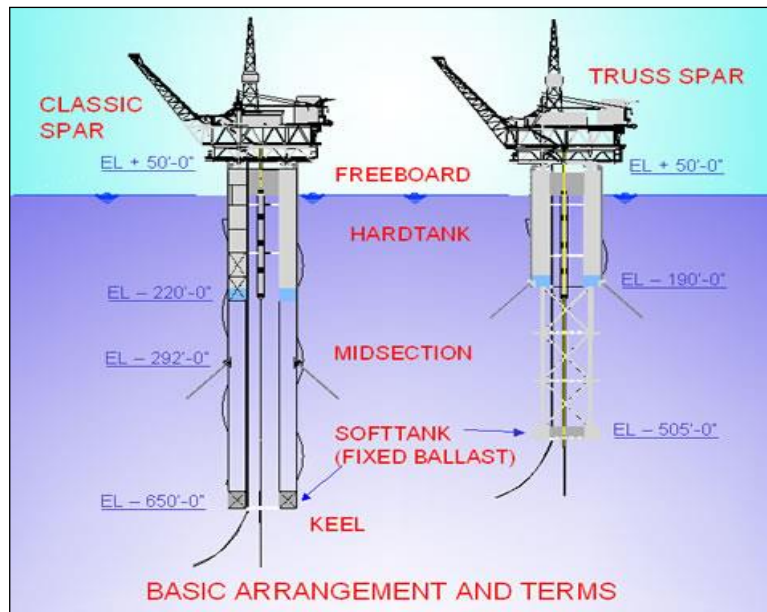


Σχήμα 32: Τυπική διάταξη Truss πλατφόρμας

Πηγή: Προσελάστηκε 13/5/2016 στο www.slideshare.net/ajw563/spar-platforms-1364883

Στην κάτωθι εικόνα αποτυπώνονται οι βασικές διαφορές ανάμεσα στην κλασική πλατφόρμα spar και στην truss spar.

⁷¹ Ο. Π.



Σχήμα 33: Διαφορές Truss Spar και Classic Spar

Πηγή: Προσπελάστηκε 13/5/2016 στο www.globalsecurity.org/military/systems/ship/platform-spar.htm

Γ) Cell spar

Η πλατφόρμα Cell spar χωρίζεται, όπως και η truss, σε τρεις τομείς, τον άνω κυλινδρικό τομέα, που αναφέρεται ως hard tank, τον μεσαίο τομέα ζώνης και τον κατώτερο τομέα, γνωστό ως keel tank⁷². Σε αυτόν τον τύπο όμως, ο άνω τομέας αποτελείται από 6 μικρότερους κυλίνδρους, που περιβάλλουν έναν έβδομο κεντρικό κύλινδρο. Κάθε κύλινδρος περιέχει δεξαμενές μεταβλητού έρματος και ανεξάρτητους κυψελοειδείς χώρους. Ο μεσαίος τομέας αποτελείται από τις επεκτάσεις τριών από τους επτά κυλίνδρους, χρησιμεύοντας ως μία άκαμπτη σύνδεση μεταξύ των “hard tank” και “keel tank”. Ο κατώτερος τομέας “keel tank” περιέχει το σταθερό έρμα, ομοίως με την κατηγορία truss spar.

⁷² Skaug L. C. New designs advance spar technology into deeper water, στο Oil and Gas Journal (1998). Texas: PennWell Corporation. Προσπελάστηκε 24/6/2016 στο www.ogj.com/articles/print/volume-96/issue-44/in-this-issue/general-interest/new-designs-advance-spar-technology-into-deeper-water.html



Σχήμα 34: Στην εικόνα βλέπουμε τη Cell Spar πλατφόρμα
“Red Hawk” που δραστηριοποιείται στον Κόλπο του Μεξικό
Πηγή: Προσπελάστηκε 13/5/2016 στο [www.offshore-
technology.com/projects/red-hawk/red-hawk1.html](http://www.offshore-technology.com/projects/red-hawk/red-hawk1.html)

1.3.6 FPSO

Τα «Πλωτά Συστήματα Παραγωγής, Αποθήκευσης και Εκφόρτωσης» ή αλλιώς FPSO (Floating Production, Storage and Off-loading Systems) είναι εξειδικευμένα στην παραγωγή, την αποθήκευση και την εκφόρτωση πετρελαίου. Είναι κατασκευές αγκυροβολημένες στη θάλασσα με δυνατότητα λήψης αργού πετρελαίου κατευθείαν από τον πυθμένα της, ενώ στη συνέχεια αποθήκευση και μεταφόρτωσή του σε συμβατικά δεξαμενόπλοια⁷³.

⁷³

Βλ.

Λήμμα:

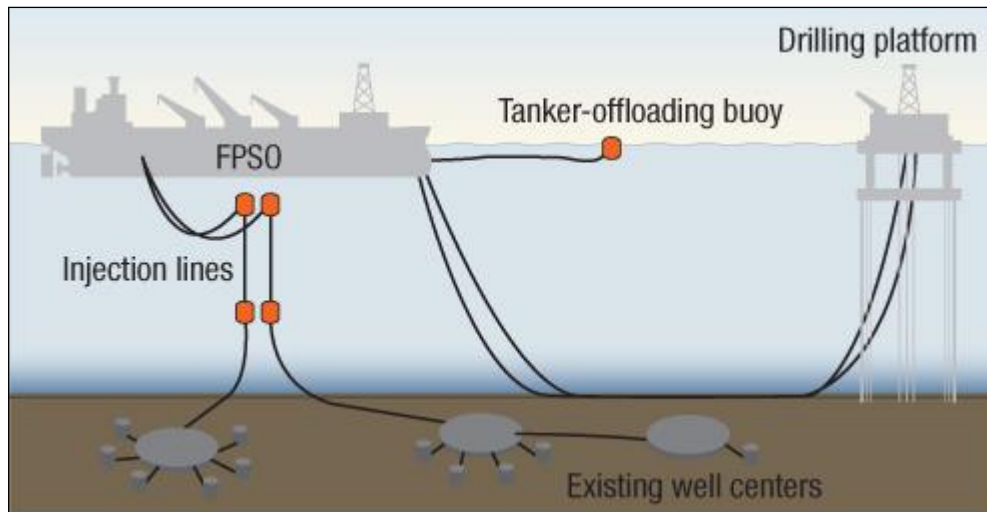
Spar

Platform

στο

www.globalsecurity.org/military/systems/ship/platform-spar.htm. Προσπελάστηκε 16/6/2016

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

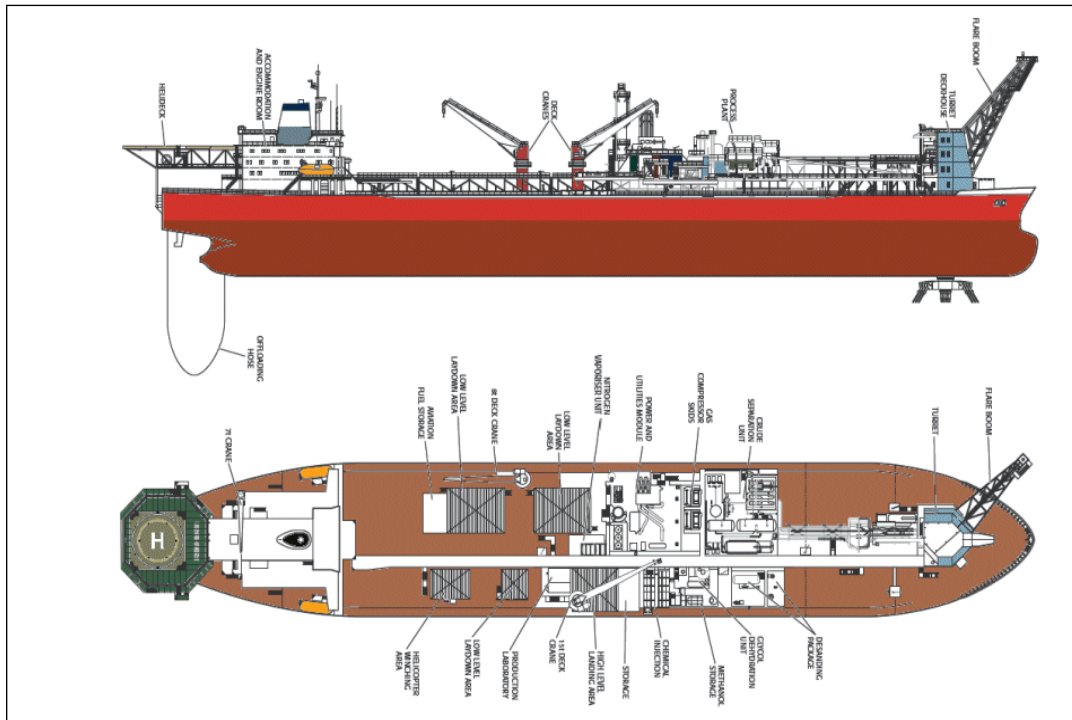


Σχήμα 35: Επεξεργασία, εκφόρτωση σε δεξαμενόπλοιο και μεταφορά υδρογονανθράκων μέσω αγωγού

Πηγή: Προσπελάστηκε 13/5/2016 www.2b1stconsulting.com/noble-energy-to-go-for-conventional-fpso-in-israel-leviathan

Ένα FPSO σχεδιάζεται έτσι ώστε να μπορεί να δέχεται τους υδρογονάνθρακες, που παράγονται από πλατφόρμες ή από υποθαλάσσια συστήματα (subsea systems), που λειτουργούν κοντά στο σημείο εγκατάστασης και λειτουργίας του. Έπειτα, ακολουθεί η επεξεργασία τους και τέλος, η εκφόρτωσή τους σε κάποιο δεξαμενόπλοιο ή λιγότερο συχνά, η μεταφορά τους μέσω αγωγού (pipeline). Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε την σχετική διαδικασία.

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

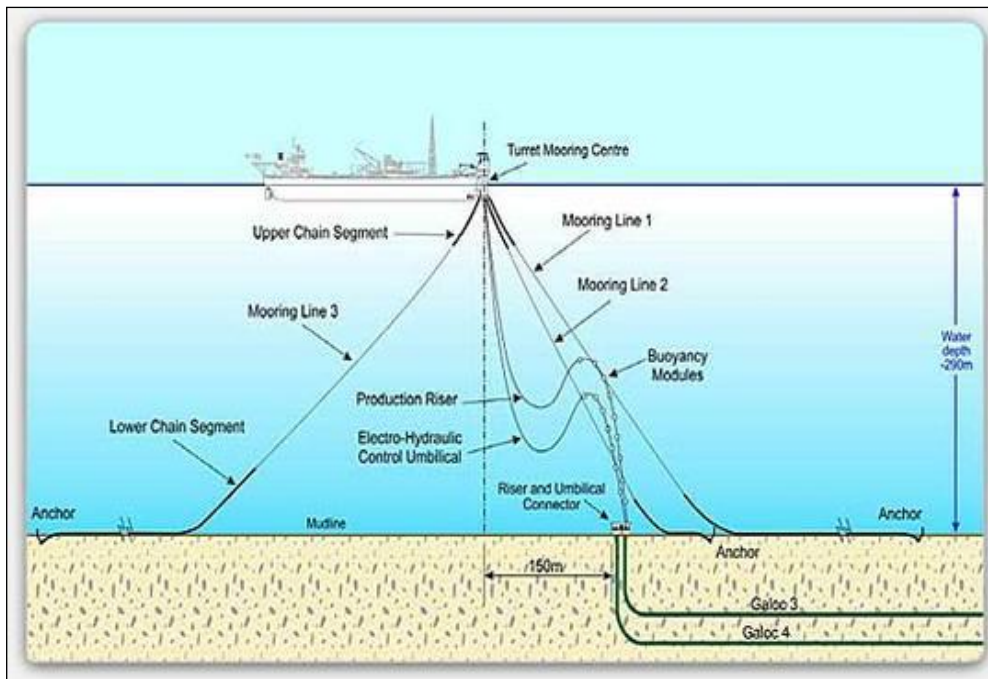


Σχήμα 36: Κάτοψη ενός FPSO

Πηγή: Προσπελάστηκε 23/3/2016 στο oilandgasprocessing.com

Στο κάτωθι σχήμα βλέπουμε μία τυπική σύνδεση ενός συστήματος FPSO με άλλες κατασκευές, που χρησιμοποιούνται στην υπεράκτια βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου, όπου πρόκειται για τον τομέα Galos, ο οποίος βρίσκεται κοντά στη Δημοκρατία των Φιλιππίνων.

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ



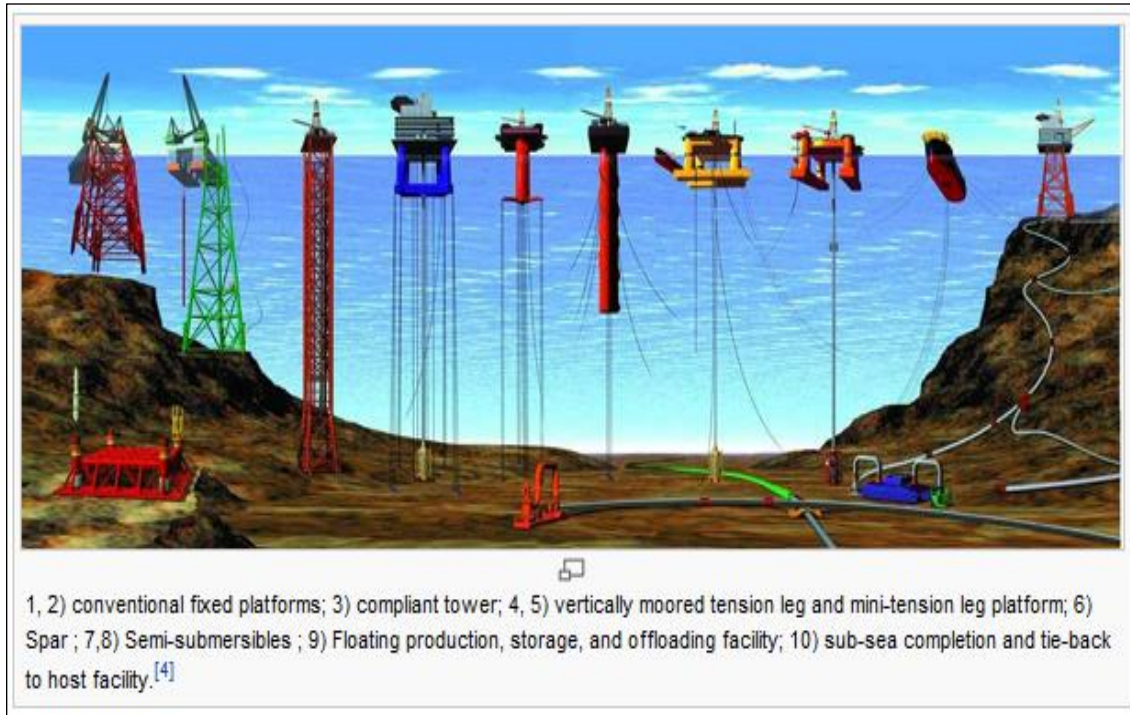
Σχήμα 37: Σύνδεσεις ενός FPSO στον τομέα Galoc των Φιλιππίνων

Πηγή: Προσπελάστηκε 13/5/2016

www.oilvoice.com/PrinterFriendly/Galoc_Oil_Field_Offshore_Palawan_Shut_in_For_FPSO_Upgrade/210dd0be575e.aspx

1.3.7 Σύγκριση θαλασσίων κατασκευών

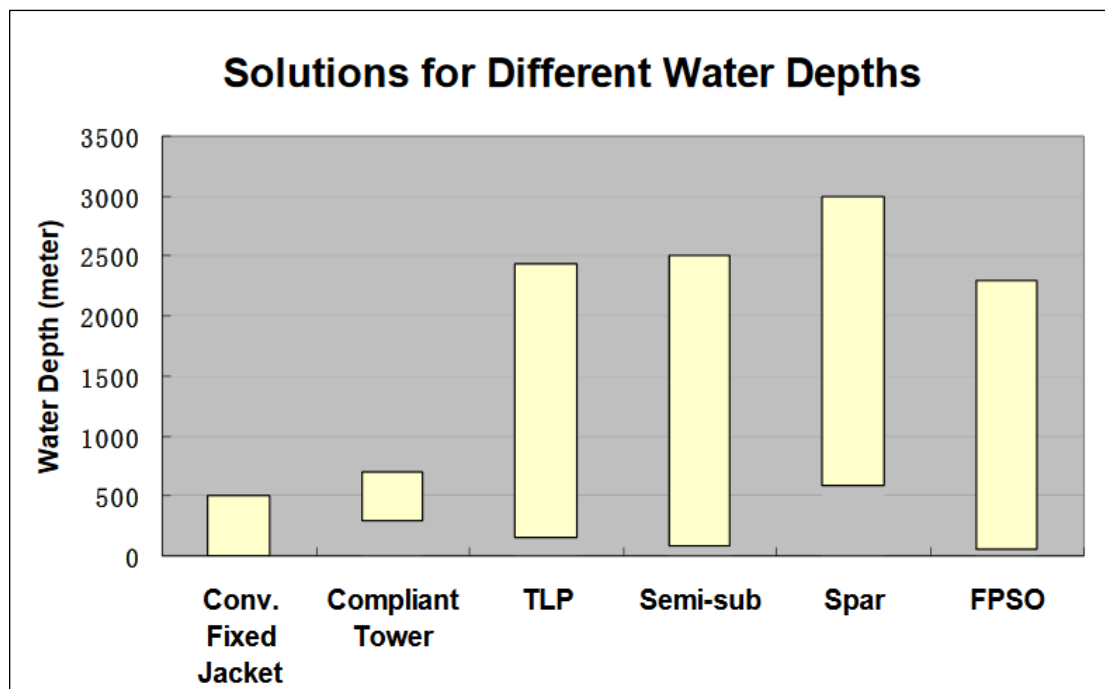
Στην παρακάτω απεικόνιση παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα κυριότερα είδη πλατφορμών, που χρησιμοποιούνται για την υπεράκτια εκμετάλλευση πετρελαίου και φυσικού αερίου.



Σχήμα 38: Θαλάσσιες κατασκευές εκμετάλλευσης πετρελαίου και φυσικού αερίου

Πηγή: NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) – “Offshore Platforms”. Available at <http://oceanexplorer.noaa.gov>

Οι βασικοί παράγοντες, που επηρεάζουν την επιλογή μίας πλατφόρμας είναι αναμφισβήτητα το κόστος της και το βάθος λειτουργίας της. Στα παρακάτω γραφήματα αποτυπώνεται η σύγκριση των πλατφορμών με βάση το μέγιστο βάθος λειτουργίας τους αλλά και το σχετικό κόστος

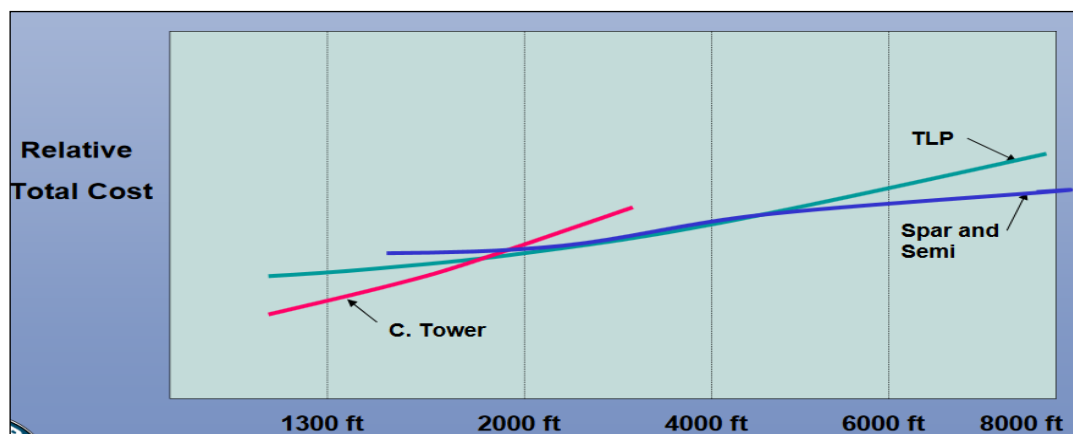


Σχήμα 39: Καταλληλότητα πλωτών κατασκευών ανάλογα με το βάθος λειτουργίας

Πηγή: Bill Soester, V.P. Engineering, J. Ray McDermott (2005). Deepwater Oil and Gas Facilities.

Προσπελάστηκε 25/7/2016 στο http://www.uschinaogf.org/Forum6/6WilliamSoester_eng.pdf

Στο διάγραμμα που ακολουθεί αποτυπώνεται μια ανάλυση σε σχέση με την επιλογή της κατάλληλης πλωτής κατασκευής σε συνάρτηση τόσο με το συνολικό κόστος αυτής με ό,τι αυτό περιλαμβάνει αλλά και σε σχέση με το βάθος λειτουργίας τους. Σαφώς, η επιλογή μίας πλατφόρμας είναι πολυπαραγοντική και εξαρτάται άμεσα από την περιοχή του κοιτάσματος.



Σχήμα 40: Σύγκριση πλωτών κατασκευών από πλευράς κόστους και ανάλογα με το βάθος λειτουργίας

Πηγή: Bill Soester, V.P. Engineering, J. Ray McDermott (2005). Deepwater Oil and Gas Facilities.

Προσπελάστηκε 25/7/2016 στο http://www.uschinaogf.org/Forum6/6WilliamSoester_eng.pdf

2. Είδη ατυχημάτων

2.1 Ορισμοί

Είναι πολύ σημαντικό να πραγματοποιηθεί μια βιβλιογραφική επισκόπηση για τα είδη των ατυχημάτων καθώς και για τα αίτια που τα προκαλούν, αναφερομενοι σε πλωτές κατασκευές εξόρυξης υδρογονανθράκων. Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί το πως ορίζονται τα ατυχήματα, βάσει της κείμενης νομοθεσίας⁷⁴. Για τους σκοπούς του παρόντος νόμου ισχύουν οι ακόλουθοι ορισμοί:

- 1) «Σοβαρό ατύχημα», σε ό,τι αφορά σε εγκατάσταση ή συνδεδεμένη υποδομή, σημαίνει:
- α) συμβάν που περιλαμβάνει έκρηξη, πυρκαγιά, απώλεια ελέγχου της γεώτρησης ή απελευθέρωση πετρελαίου, φυσικού αερίου ή επικίνδυνων ουσιών και συνοδεύεται από ή είναι πολύ πιθανόν να προκαλέσει βίαιο θάνατο ή σοβαρό τραυματισμό ανθρώπων,
 - β) συμβάν που έχει ως αποτέλεσμα σοβαρή ζημία στην εγκατάσταση ή τη συνδεδεμένη υποδομή και συνοδεύεται από ή είναι πολύ πιθανόν να προκαλέσει βίαιο θάνατο ή σοβαρό τραυματισμό ανθρώπων,
 - γ) οποιοδήποτε άλλο συμβάν επιφέρει βίαιο θάνατο ή σοβαρό τραυματισμό πέντε ή περισσότερων ατόμων που είτε ευρίσκονται επί της υπεράκτιας εγκατάστασης από την οποία πηγάζει ο κίνδυνος είτε ασχολούνται με υπεράκτια εργασία υδρογονανθράκων σχετιζόμενη με την εγκατάσταση ή τη συνδεδεμένη υποδομή, ή
 - δ) οποιοδήποτε σοβαρό περιβαλλοντικό συμβάν προκύπτει από τα αναφερόμενα στα παραπάνω εδάφια α', β' και γ'.

Για να διαπιστωθεί εάν ένα συμβάν συνιστά σοβαρό ατύχημα κατά τα παραπάνω εδάφια α', β' ή δ', εγκατάσταση που υπό φυσιολογικές συνθήκες δεν είναι επανδρωμένη, αντιμετωπίζεται ως επανδρωμένη.

- 2) «Υπεράκτιος» (“offshore”) σημαίνει ευρισκόμενος είτε στα ύδατα τα υπερκείμενα των υποθαλάσσιων περιοχών, σύμφωνα με το άρθρο 2 παρ. 1 του ν. 2289/1995 (Α' 27), όπως ισχύει, είτε στην υφαλοκρηπίδα κατά την έννοια της σύμβασης των Ηνωμένων Εθνών για το Δίκαιο της Θάλασσας που κυρώθηκε με το ν. 2321/1995 (Α' 136).

⁷⁴ βλ. Σχετικά: Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Πλαίσιο για την ασφάλεια στις υπεράκτιες εργασίες έρευνας και εκμετάλλευσης υδρογονανθράκων, Άρθρο 02 (Άρθρο 2 της Οδηγίας 2013/30/ΕΕ). Προσπελάστηκε 10/10/2016 στο www.opengov.gr/minenv/?p=7089-

- 3) «Υπεράκτιες εργασίες υδρογονανθράκων» σημαίνει όλες τις δραστηριότητες που συνδέονται με εγκατάσταση ή συνδεδεμένη υποδομή, συμπεριλαμβανομένων του σχεδιασμού, του προγραμματισμού, της κατασκευής, της λειτουργίας και της απεγκατάστασής της, οι οποίες σχετίζονται με την έρευνα και την εκμετάλλευση υδρογονανθράκων, μη συμπεριλαμβανομένης όμως της μεταφοράς υδρογονανθράκων από μία ακτή σε άλλη.
- 4) «Διακινδύνευση – Επικινδυνότητα» (“risk”) εφεξής «Διακινδύνευση» σημαίνει τον συνδυασμό της πιθανότητας επέλευσης ενός συμβάντος και των επιπτώσεων του εν λόγω συμβάντος.
- 5) «Φορέας εκμετάλλευσης ή Διαχειριστής» (“operator”) εφεξής «Διαχειριστής» σημαίνει την οντότητα, που έχει οριστεί από τον κάτοχο άδειας ή την αδειοδοτούσα Αρχή για να διεξάγει υπεράκτιες εργασίες υδρογονανθράκων, συμπεριλαμβανομένων του προγραμματισμού και της εκτέλεσης εργασιών γεώτρησης ή της διαχείρισης και του ελέγχου των λειτουργιών παραγωγικής εγκατάστασης.

2.2 Αίτια ατυχημάτων

Τα αίτια των ατυχημάτων σε υπεράκτιες πλατφόρμες δύνανται να οφείλονται σε ποικίλους λόγους, ενώ τις περισσότερες φορές επισυμβαίνουν εξαιτίας συνδυαστικών παραγόντων. Οι κύριες αιτίες των ναυτικών ατυχημάτων συνοψίζονται παρακάτω⁷⁵.

- Ανθρώπινο λάθος
- Καιρικές συνθήκες
- Έκρηξη ή πυρκαγιά
- Αστοχία κατασκευής
- Μηχανική βλάβη
- Άλλα αίτια

⁷⁵ βλ. Σχετικά: - Βούρος Δ. (Ιούλιος 2007). Εκτίμηση και Αποδοχή Ρίσκου, Τεύχος Α, Αποτίμηση Ρίσκου με Εφαρμογή στον Ελληνικό Θαλάσσιο Χώρο”. ΕΜΠ: Σχόλη Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Μελέτης Πλοίου και Θαλασσίων Μεταφορών
Flohberger M.L. (2010). Master's Thesis: Suggested Improvements for Ship-Installation Collision Risk Models to Reflect Current Collision Avoidance Systems. Norway: University of Stavanger

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Τα παραπάνω εμφανίζουν και ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά:

- *Ατυχήματα «συνήθειας».* Τα περισσότερα ατυχήματα συνδέονται συχνά με δραστηριότητες, οι οποίες λόγω ρουτίνας οδηγούν σε ατυχήματα
- *Ανθρώπινο λάθος.* Τα ατυχήματα συχνά περιλαμβάνουν τα ανθρώπινα λάθη που θα πρέπει να εξετάζονται σε ένα ευρύτερο πεδίο εφαρμογής.
- *Σταδιακή κλιμάκωση.* Τα ατυχήματα οφείλονται στην αδυναμία των υπευθύνων να χειριστούν τις καταστάσεις που προκύπτουν και ως εκ τούτου μια αλληλουχία γεγονότων οδηγεί σε καταστάσεις με καταστροφικά αποτελέσματα
- *Διάφορες αιτίες.* Ένα ατύχημα συνήθως οφείλεται σε διάφορες αιτίες που σχετίζονται με την τεχνολογία, τους ανθρώπους και την οργάνωση, στοιχεία που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.
- *Άλλοι παράγοντες.* Εξωγενείς και ενδογενείς πράγοντες, όπως οι εξωτερικές συνθήκες, η ικανότητα, ο φόρτος εργασίας, το περιβάλλον εργασίας, η ψυχική κατάσταση, εσκεμμένες κακόβουλες ενέργειες κ.λπ.

Σύμφωνα με έρευνες τα πιο σημαντικά αίτια ατυχημάτων πλατφορμών είναι:

- Ελλιπής επικοινωνία
- Ανθρώπινος παράγοντας
- Μη συμμόρφωση με κανονισμούς
- Τεχνικά λάθη
- Πίεση χρόνου
- Φυσικά αίτια
- Ψυχολογικά αίτια
- Ελλιπής εκτίμηση κινδύνου
- Ελλιπής επίβλεψη
- Ελλιπή πρωτόκολλα λειτουργίας ή η απουσία τους
- Πολύπλοκες εργασίες
- Πολύπλοκα τεχνολογικά συστήματα
- Καταστάσεις έκτακτης ανάγκης
- Έλλειψη οργάνωσης

- Ελλιπής οργανωτικός καταμερισμός εργασίας και ευθυνών
- Ελλιπής εκπαίδευση και εξειδίκευση
- Ελλειπείς κανόνες ασφάλειας
- Θέματα σωματικής και ψυχικής υγείας του ανθρώπινου δυναμικού
- Κακός εξοπλισμός
- Λανθασμένα σχεδιασμένοι χώροι εργασίας
- Ελλιπής κρατική νομοθεσία

Είναι σαφές πως τα ατυχήματα δε συμβαίνουν συνήθως λόγω μίας απλής αστοχίας ή ενός μεμονωμένου λάθους, αλλά εξαιτίας μίας αλληλουχίας παραγόντων και συνθηκών. Στις υπεράκτιες βιομηχανίες τα ατυχήματα προκαλούνται συνήθως από λάθη που οφείλονται σε μηχανικές αστοχίες, ανθρώπινους και οργανωτικούς παράγοντες ή σε συνδυασμό και των δύο⁷⁶.

2.3 Ανθρώπινος παράγοντας

Σπουδαιότερος όλων των παραγόντων ατυχημάτων αναδεικνύεται ο άνθρωπος, καθώς τα ανθρώπινα λάθη παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην πρόκληση υπεράκτιων ατυχημάτων και γι' αυτό τον λόγο θεωρούνται πολύ σημαντικά⁷⁷. Βάσει του ορισμού του οργανισμού HSE, ως «ανθρώπινοι παράγοντες» ορίζονται οι περιβαλλοντικοί και οργανωτικοί παράγοντες εργασίας, η σχεδίαση συστήματος, τα χαρακτηριστικά του έργου, καθώς και τα ανθρώπινα χαρακτηριστικά που επηρεάζουν τη συμπεριφορά, την υγεία και την ασφάλεια. Ως «ανθρώπινο λάθος» ορίζεται κάθε ανθρώπινη δράση ή

⁷⁶ βλ. Σχετικά: - Ren J., Jenkinson I., Wang J., Xu D.L., Yang J.B. (2008). A Methodology to Model Causal Relationships on Offshore Safety Assessment Focusing on Human and Organisational Factors. UK Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC)
Vinnem J.E., Bye R., Gran B.A. (κ.α.) (2005). Risk Modelling of Maintenance Work on Major Process Equipment on Offshore Petroleum Installations, στο Journal of Loss Prevention in the Process Industries, τχ 25

- Vinnem J.E., (2011). Evaluation of Offshore Emergency Preparedness in View of Rare Accidents, στο Safety Science, τχ 49

⁷⁷ Skogdalen J.E., Vinnem J.E., (2011). Quantitative Risk Analysis Offshore — Human and Organizational Factors, στο Reliability Engineering and System Safety, τχ 96

απουσία αυτής, που υπερβαίνει ή αποτυγχάνει να επιτύχει κάποιο όριο αποδοχής, όπου τα όρια της ανθρώπινης απόδοσης που ορίζονται από το σύστημα⁷⁸.

Φυσικά, δε θα πρέπει να λησμονείται το γεγονός πως είναι πολύ σημαντικό το ότι το ποσοστό των εργαζομένων που υπόκεινται σε κάποιου είδους τραυματισμό σε υπεράκτιες βιομηχανίες είναι 50% υψηλότερο από τον υπόλοιπο ιδιωτικό τομέα⁷⁹.

Η σημασία του ανθρώπινου παράγοντα στην υπεράκτια βιομηχανία γίνεται εμφανής από το γεγονός, ότι ο τελευταίος αποτελεί τον κύριο παράγοντα σε διάφορα ατυχήματα πλατφορμών. Πιο συγκεκριμένα σε αυτόν οφείλεται το⁸⁰:

- 75% των ατυχημάτων φωτιάς και έκρηξης
- 75% των συγκρούσεων με σταθερά αντικείμενα
- 89-96% των συγκρούσεων
- 79% των προσαράξεων ρυμουλκών πλοίων
- 84-88% των ατυχημάτων δεξαμενοπλοίων

Οι κυριότεροι παράγοντες που σχετίζονται με τον ανθρώπινο παράγοντα είναι η εκπαίδευση, η εμπειρία, οι παράγοντες που σχετίζονται με το ίδιο το γεγονός, τα μέτρα ασφαλείας, ο προστατευτικός εξοπλισμός, η ψυχολογική κατάσταση, η πολυπλοκότητα της εργασίας, , αλλά και οι καιρικές συνθήκες, λάθη στη χρήση προηγμένου τεχνολογικού εξοπλισμού, ανεπαρκής κουλτούρα ασφάλειας, ανεπαρκής άδεια εργασίας και μη συμμόρφωση με κανόνες και κανονισμούς⁸¹.

⁷⁸ DiMattia D.G., Khan F.I., Amyotte P.R., (2005). Determination of Human Error Probabilities for Offshore Platform Musters, στο Journal of Loss Prevention in the Process Industries, τχ 18

⁷⁹ Hopkins Taylor D., Casta R., RN, Van Walker, (κ.α.) (1993). Air Medical Transport of Patients from Offshore Oil and Gas Facilities: Historical Accident Data and Initial Experience, στο Air Medical Journal.

⁸⁰ Ren J., Jenkinson I., Wang J., Xu D.L., Yang J.B. (2008). A Methodology to Model Causal Relationships on Offshore Safety Assessment Focusing on Human and Organisational Factors, (2008). UK Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC)

⁸¹ Βλ. Σχετικά: - DiMattia D.G., Khan F.I., Amyotte P.R., (2005). Determination of Human Error Probabilities for Offshore Platform Musters, στο Journal of Loss Prevention in the Process Industries, τχ 18,

Τα πιο συχνά ατυχήματα εργαζομένων σε υπεράκτιες πλατφόρμες, που οφείλονται στους παραπάνω παράγοντες, είναι⁸²:

- χτύπημα από πτώση ή αιώρηση αντικειμένου
- τραυματισμοί κατά την εργασία, ανύψωση αντικειμένου, ή μεταφορά
- πτώση ή γλίστρημα μερικές φορές από ύψος
- ατυχήματα κατά τη φάση γεώτρησης αλλά και της συντήρησης

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να επισημανθεί πως η ικανοποίηση των εργαζομένων θεωρείται κεφαλαιώδους σημασίας, δεδομένου ότι οι συνθήκες εργασίας στις υπεράκτιες πλατφόρμες είναι ιδιαίτερες δύσκολες ενδεχομένως και ακραιφνείς, καθώς οι εργαζόμενοι βρίσκονται πάνω στην πλατφόρμα, συνήθως για διάρκεια δύο εβδομάδων, ενώ εργάζονται υπό πίεση χρόνου και κακές καιρικές συνθήκες.

Rundmo T. (1994). Associations between Safety and Contingency Measures and Occupational Accidents on Offshore Petroleum Platforms, στο Scand J Work Environ Health, τχ 20,

- Rundmo T., Hestad H., Ulleberg P., (1998). Organisational Factors, Safety Attitudes and Workload among Offshore Oil Personnel, στο Safety Science, τχ 29,

- Mearns K., Flin R. (1995). Risk Perception and Attitudes to Safety by Personnel in the Offshore Oil and Gas Industry: A Review, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, τχ 8

⁸² Βλ. Σχετικά: - Kjellen U. (1990). Safety Control in Design: Experiences from an Offshore Project, στο Journal of Occupational Accidents, τχ.12,

Hare J., Johnson M. (2009). Underlying Causes of Offshore Incidents, στο Health and Safety Laboratory

2.4 Επιπτώσεις ατυχημάτων υπεράκτιων κατασκευών

Οι επιπτώσεις των υπεράκτιων ατυχημάτων επηρεάζουν πολλούς τομείς και στην πλειονότητα των περιπτώσεων είναι καταστροφικές. Οι σημαντικότερες από αυτές είναι⁸³:

- Θάνατοι
- τραυματισμοί
- Κατάρρευση της πλατφόρμας
- Απώλεια αξιοπιστίας και φήμης της εταιρείας
- Συγκρούσεις
- Έκρηξη, ανάφλεξη και πυρκαγιά
- Περιβαλλοντική καταστροφή λόγω διαρροής υδρογονανθράκων
- Απώλεια παραγωγής

Όπως είναι αναμενόμενο, από τις παραπάνω επιπτώσεις πιο σημαντικές θεωρούνται η απώλεια ανθρώπινης ζωής και οι περιβαλλοντικές καταστροφές. Η απώλεια ανθρώπινης ζωής προκαλεί πρωτογενή αρνητικά συναισθήματα τόσο στην κοινωνία, όσο και φυσικά στις οικογένειες των θυμάτων. Συν τοις άλλοις, έχει ως αποτέλεσμα απώλεια κερδών για την επιχείρηση, αλλά και πολλές φορές απώλεια της αξιοπιστίας και της φήμης της εταιρείας, καθώς τέτοιου είδους ατυχήματα γίνονται γνωστά σε διεθνές επίπεδο, προκαλώντας τεράστιες συνέπειες και στην εταιρεία διαχείρισης του έργου.

Αναφορικά με τις επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον, οι πρώτοι που επηρεάζονται δυσμενώς είναι η πανίδα και η χλωρίδα των παράκτιων περιοχών, η υποεπιφάνεια του εδάφους, το νερό και η θαλάσσια ζωή γενικότερα. Οι παράκτιες περιοχές, συμπεριλαμβανομένων των υγροτόπων και αλυκών, είναι αρκετά ευάλωτες, καθώς το πετρέλαιο προσκολλάται στις ακτές. Αυτά που πλήττονται όμως περισσότερο είναι τα θαλάσσια οικοσυστήματα, καθώς μολύνεται σε μεγαλύτερο βαθμό η γύρω περιοχή, ειδικά εκεί όπου λαμβάνουν χώρα γεωτρήσεις και έτσι, διαταράσσεται η φυσική ισορροπία.

⁸³ Flohberger M.L. (2010). Master's Thesis: Suggested Improvements for Ship-Installation Collision Risk Models to Reflect Current Collision Avoidance Systems. (2010). Norway: University of Stavanger

Δυσμενείς συνέπειες ενός ατυχήματος αποτελούν ο θόρυβος, οι διαταραχές του βυθού αλλά και της γεωλογίας που προκαλούνται από εκρήξεις και γεωτρήσεις, τα πλούσια σε βάριο υποπροϊόντα που κατατίθενται στο βυθό της θάλασσας από τις γεωτρήσεις, η ανάμειξη θαλασσινού νερού με πετρέλαιο, κ.α.⁸⁴. Η πιο σημαντική περιβαλλοντική επίπτωση ενός υπεράκτιου ατυχήματος είναι η διαρροή πετρελαίου, οποία ενέχει κινδύνους για το περιβάλλον, καθώς το επηρεάζει σε τρία σημεία: τον αέρα, τη γη και την επιφάνεια του νερού. Το πετρέλαιο, που διαρρέει, προκαλεί τριών ειδών μολύνσεις. Πιο συγκεκριμένα, προκαλείται μόλυνση των υδάτων, μόλυνση της επιφάνειας του νερού από τοξικές ουσίες, γεγονός επικίνδυνο για την υδρόβια ζωή, αλλά και μόλυνση εδάφους από την εναπόθεση επικίνδυνων ουσιών, όπως οι διοξίνες ⁸⁵.

Πετρελαιοκηλίδες ευρείας κλίμακας με πλήρως καταστροφικά αποτελέσματα, όπως όπως αυτή του Deepwater Horizon αποτελούν ίσως τη μεγαλύτερη απειλή από υπεράκτιες δραστηριότητες για το θαλάσσιο και υπεράκτιο περιβάλλον.

Φυσικά είναι τεράστιες και οι οικονομικές επιπτώσεις. Οι εταιρείες καλούνται σε περίπτωση ατυχήματος να πληρώσουν υπέρογκα χρηματικά ποσά σε πρόστιμα, δικαστήρια, νέα μέτρα και εξοπλισμό ασφαλείας, ούτως ώστε να αντισταθμίσουν τις ανθρώπινες, περιβαλλοντικές και κατασκευαστικές απώλειες. Επίσης, δεδομένου ότι οι υπεράκτιες κατασκευές έχουν μεγάλο κόστος κτήσης καθώς και ότι κοστίζουν πάρα πολύ οι απώλειες πετρελαίου από ατυχήματα πλατφορμών, τα παραπάνω συνεπάγονται τεράστια απώλεια κερδών για την επιχείρηση. Βέβαια, θα πρέπει να

⁸⁴ Βλ. Σχετικά: -Offshore Exploration and Exploitation in the Mediterranean, Impacts on Marine and Coastal Environments (2012). Προσπελάστηκε 17/10/2016 στο http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/FB3_en.pdf,

- Cumulative Environmental Effects of Oil and Gas Activities on Alaska's North Slope (2003). Προσπελάστηκε 17/10/2016 στο <https://www.nap.edu/read/10639/chapter/1#iv>

- All Fracked Up? Just How Concerned Should Energy Insurers Be About Hydraulic Fracturing? Προσπελάστηκε 17/10/2016 στο www.willis.com/naturalresources/pdf/EnergyMarketReview2012.pdf

⁸⁵ Guidelines for Quantitative Risk Assessment (2005). Προσπελάστηκε 18/10/2016 στο <http://content.publicatiereeksgevaarlijkstoffennl/documents/PGS3/PGS3-1999-v0.1-quantitative-risk-assessment.pdf>

σημειωθεί πως ορισμένοι ερευνητές θεωρούν τα οφέλη των εξορύξεων μπορεί να υπερκαλύψουν όλα τα παραπάνω⁸⁶.

2.5 Κατηγορίες Ατυχημάτων

Ο όρος ‘ατύχημα’ στην ανάλυση των ναυτικών ατυχημάτων εμπεριέχει τις εξής κατηγορίες ατυχημάτων με πλοία⁸⁷:

- Σύγκρουση
- Προσάραξη
- Πρόσκρουση
- Εισροή υδάτων
- Πυρκαγιά / έκρηξη
- Αστοχία γάστρας / μηχανικού εξοπλισμού
- Βύθιση
- Διάφορα άλλα ατυχήματα

Όπως αναφέρουν ορισμένοι ερευνητές, τα ατυχήματα διαχωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με τη σοβαρότητα τους, τη φάση λειτουργίας στην οποία συνέβησαν, τον τύπο τους, αναφέροντας δύο είδη: ατυχήματα ρουτίνας και τυχαία. Σύμφωνα με αυτούς ένα ατύχημα μπορεί να συμβεί λόγω ρουτίνας ή μπορεί να αποτελεί ένα μοναδικό γεγονός .

⁸⁶ Βλ. Σχετικά: - Offshore Exploration and Exploitation in the Mediterranean, Impacts on Marine and Coastal Environments (2012). Προσπελάστηκε 17/10/2016 στο http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/FB3_en.pdf

All Fracked Up? Just How Concerned Should Energy Insurers Be About Hydraulic Fracturing? Προσπελάστηκε 17/10/2016 στο www.willis.com/naturalresources/pdf/EnergyMarketReview2012.pdf

⁸⁷ Βούρος Δ. (Ιούλιος 2007). Εκτίμηση και Αποδοχή Ρίσκου, Τεύχος Α, Αποτίμηση Ρίσκου με Εφαρμογή στον Ελληνικό Θαλάσσιο Χώρο”. ΕΜΠ: Σχόλη Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Μελέτης Πλοίου και Θαλασσιών Μεταφορών

Ειδικότερα, ως σοβαρό ατύχημα θεωρείται αυτό το οποίο χαρακτηρίζεται από μια ή περισσότερες από τις ακόλουθες συνέπειες⁸⁸:

- τουλάχιστον 5 θάνατοι ή
- τουλάχιστον 10 τραυματίες ή
- τουλάχιστον 200 απομακρυνθέντα από την εργασία άτομα ή
- πλήρης απαγόρευση κατανάλωσης τροφίμων ή
- εκπομπές υδρογονανθράκων που υπερβαίνουν τους 10.000 t ή
- επιβαλλόμενη απορρύπανση του εδάφους και των υδάτων σε μία έκταση τουλάχιστον 25 km² ή
- οικονομική απώλεια τουλάχιστον 5 εκατομμυρίων δολαρίων

2.6 Είδη ατυχημάτων υπεράκτιων πλατφορμών

Υπάρχει όμως και διαχωρισμός των ατυχημάτων με βάση των τύπο τους⁸⁹:

- Well blowouts
- Εξωτερική σύγκρουση (collision, falling load, helicopter crash on installation)
- Συγκρούσεις κατά τη ρυμούλκηση ή μεταφορά φορτίων
- Φωτιές, εκρήξεις
- Διάτρηση υπεδάφους
- Κόπωση κατασκευής

⁸⁸ Offshore Exploration and Exploitation in the Mediterranean, Impacts on Marine and Coastal Environments (2012). Προσπελάστηκε 17/10/2016 στο http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/FB3_en.pdf,

⁸⁹ βλ. Σχετικά: - Flohberger M.L. (2010). Master's Thesis: Suggested Improvements for Ship-Installation Collision Risk Models to Reflect Current Collision Avoidance Systems. Norway: University of Stavanger

Sharples B. P. M., Bennett W. T. Jr., Trickey J. C., (1998). Risk Analysis of Jackup Rigs, στο Marine Structures, τχ 2

- Anderson C.M., LaBelle R.P., (1990). Estimated Occurrence Rates for Analysis of Accidental Oil Spills on the US Outer Continental Shelf, στο Oil & Chemical Pollution τχ 6

- Πτώση αντικειμένων σε κατασκευές και αγωγούς
- Περιβαλλοντικές επιπτώσεις
- Απώλεια ευστάθειας και άντωσης
- Απώλεια στηρίξεων
- Διαρροή εύφλεκτων ουσιών
- Μη φυσιολογική αντίσταση λόγω ελαττωμάτων κατασκευής και φθορά

Για τις ανάγκες της παρούσας διπλωματικής εργασίας, θα παρουσιάσουμε τα δύο βασικότερα είδη ατυχημάτων, ήτοι Blowout και συγκρούσεις.

2.7 Blowout

Ως blowout ορίζεται μία ανεξέλεγκτη ροή των υδρογονανθράκων από μία υπόγεια δεξαμενή διαμέσου του φρεατίου γεώτρησης στην ατμόσφαιρα, στη θάλασσα ή σε οποιοδήποτε άλλο υπόγειο σχηματισμό⁹⁰. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να αποσαφηνιστεί πως είναι διαφορετικός ο όρος “blowout” από τον όρο “blow”, καθώς το δεύτερο έχει να κάνει με τη διαρροή ρευστών από τα τοιχώματα της γεώτρησης, που όμως είναι δυνατόν να σφραγιστεί ή να εκτραπεί σε κάποια διακλάδωση σε σύντομο χρόνο. Στον αντίποδα, στην περίπτωση του blowout όλα τα τεχνικώς προκαθορισμένα φράγματα ή η ενεργοποίηση αυτών έχει αστοχήσει και η ανεξέλεγκτη διαρροή συνεχίζεται για σημαντικό χρονικό διάστημα.

⁹⁰ Proposal for a regulation of the European parliament and of the council on safety of offshore oil and gas prospection, exploration and production activities, (2011). Βρυξέλλες: Κομισιόν. Προσπελάστηκε 17/10/2016 στο https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/ia_annexes_20122-1292.pdf

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Πίνακας 2: Κατηγοριοποίηση των ειδών του blowout και well release

Κατηγορία	Υποκατηγορία
Blowout (με επιφανειακή διαρροή / surface flow)	Πλήρως ανεξέλεγκτη διαρροή από μία βαθιά ζώνη (deep zone)
	Πλήρως ανεξέλεγκτη διαρροή από μία χαμηλού βάθους ζώνη (shallow zone)
	Ελεγχόμενη διαρροή shallow gas αερίου, μόνο υποθαλάσσια διαρροή (subsea release)
Blowout (με υποθαλάσσια διαρροή / underground flow)	Μόνο υποθαλάσσια διαρροή
	Κυρίως υποθαλάσσια διαρροή, περιορισμένη επιφανειακή διαρροή (surface flow)
Well release (διαρροή πηγής)	Περιορισμένη επιφανειακή διαρροή διότι λειτούργησε το δευτερογενές φράγμα ασφαλείας (secondary barrier)
	Η σωλήνωση απομακρύνεται από το φρέαρ και στη συνέχεια, ενεργοποιείται το δευτερογενές φράγμα ασφαλείας
Diverted well release (εκτρεπόμενη διαρροή πηγής)	Ελεγχόμενη διαρροή χαμηλής πίεσης αερίου (εκτροπή)

Πηγή: Holand P. (Οκτώβριος 2010). Brønnbarrierer I Boring Og Utslippsulykker. Exposoft

Το ατύχημα λόγω blowout θεωρείται ένα από τα πιο σοβαρά και καταστροφικά ατυχήματα στην υπεράκτια βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου και συνήθως, αποτελεί μια ξεχωριστή κατηγορία ατυχήματος, ανάμεσα στα σοβαρά ατυχήματα (major accidents) ως “blowouts, explosions and fires”⁹¹. Στον πίνακα φαίνεται μια κατηγοριοποίηση των ειδών του blowout αλλά και των διαρροών των πηγών που ενδέχεται να οδηγήσουν σε blowout.

⁹¹ βλ. Σχετικά: - Sharples B. P. M., Bennett W. T. Jr., Trickey J. C., (1998). Risk Analysis of Jackup Rigs, στο Marine Structures, τχ 2

- After Tokohu: What Next for the Energy Insurance Markets? After Macondo: What Next for Well Pollution Risks, (2011). Προσπελάστηκε 17/10/2016 στο <http://www.willis.com/naturalresources/pdf/EnergyMarketReview2011.pdf>

Οι εκπομπές υδρογονανθράκων συμβάλλουν τα μέγιστα στα σοβαρά ατυχήματα και μπορούν να οδηγήσουν σε ατυχήματα όπως αυτό του Deepwater Horizon. Υπάρχουν τριών ειδών ατυχήματα που σχετίζονται με το blowout: η ακούσια εισροή ρευστού στην πηγή, η διαρροή, και το ίδιο το blowout. Η πρώτη κατηγορία αφορά σε μια εισροή ρευστού σχηματισμού μέσα στο φρεάτιο γεώτρησης, που ονομάζεται «λάκτισμα». Λάκτισμα ονομάζεται η αστάθεια της πηγής ως αποτέλεσμα της λήψης αερίου, πετρελαίου ή νερού, και μπορεί να οδηγήσει σε έκρηξη. Η δεύτερη κατηγορία χαρακτηρίζεται από ακούσια ροή ρευστού που ρέει προς τα επάνω διαμέσου του φράγματος πρόληψης blowout, για περιορισμένο χρονικό διάστημα μέχρις ότου σταματήσει από το υπάρχον σύστημα εξοπλισμού ή από άλλα μέσα⁹².

Αξίζει να επισημανθεί πως η γεώτρηση σε βαθέα ύδατα, ενέχει εργασίες υψηλού κινδύνου αλλά και υψηλού κόστους. Στη συγκεκριμένη περίπτωση επικρατεί ένα μεγάλο ποσοστό αβεβαιότητας, αν και αποτελούν ένα σημαντικό μέρος της παραγωγής και της έρευνας στον τομέα του πετρελαίου. Ακόμη, οι γεωτρήσεις θεωρούνται οι πιο ακριβές αλλά και οι πιο αβέβαιες από οποιαδήποτε άλλη εργασία στην υπεράκτια βιομηχανία, ενώ τα περισσότερα υπεράκτια blowout σημειώνονται κατά τη φάση της γεώτρησης, σύμφωνα με κάποιες έρευνες. Η πιο επικίνδυνη φάση θεωρείται αυτή της εξερευνητικής γεώτρησης, ενώ αμέσως μετά ακολουθεί η φάση επεξεργασίας. Οι φάσεις αυτές θεωρούνται πολύ σημαντικές λόγω του περιορισμένου χώρου, της ιδιαίτερης γεωμετρίας, του ελάχιστου εξαερισμού, και των δυσκολιών στις οδούς διαφυγής⁹³.

⁹² Skogdalen J.E., Vinnem J.E., (2011). Combining Precursor Incidents Investigations and QRA in Oil and Gas Industry, Reliability Engineering and System Safety

⁹³ Βλ. Σχετικά: - Zhang, H., Gao D., Liu, W., (2012) Risk Assessment for Liwan Relief Well in South China Sea, στο Engineering Failure Analysis. Προσπελάστηκε 10/9/2016 στο <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350630712000398>

- Kaiser M.J. (2007). World Offshore Energy Loss Statistics, στο Energy Policy, τχ 35,

- Khan F.I, Sadiq R., Husain T., (2002). Risk-Based Process Safety Assessment and Control Measures Design for Offshore Process Facilities, στο Journal of Hazardous Materials, τχ A94

- Signoret J.P., Leroy A., (1985). The 1800 m Water Depth Drilling Project: Risk Analysis, στο Reliability Engineering, τχ 11.

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Κατά την διάρκεια των λειτουργιών αυτών μπορεί να προκύψουν φωτιές και εκρήξεις, καθώς ένας μεγάλος αριθμός σωληνώσεων και αντλιών συνυπάρχει σε περιορισμένο χώρο. Ως εκ τούτου, ο κίνδυνος διαρροής είναι μεγάλος και μια ανάφλεξη μπορεί να δημιουργήσει φωτιά ή έκρηξη και μπορεί να απειλήσει την παραγωγή/γεώτρηση και να συμβεί blowout. Η φάση της γεώτρησης θεωρείται πολύ δύσκολη καθώς χρησιμοποιεί μεγάλο και βαρύ εξοπλισμό, γι' αυτό όταν συμβαίνει ταυτόχρονα με τη φάση παραγωγής μπορεί να προκύψει σοβαρό blowout⁹⁴.

Το γεγονός ότι η φάση της γεώτρησης είναι η πιο επικίνδυνη σε ότι αφορά την πραγματοποίηση blowout, επιβεβαιώνεται και από τον Πίνακα 2 (που αποτυπώνει συγκεντρωτικά στοιχεία της Sintef για blowout και well release από τις περιοχές του Ηνωμένου Βασιλείου, της Νορβηγίας, των Ηνωμένων Πολιτειών και του Κόλπου του Μεξικού, κατά την περίοδο 1980-2005). Σε αυτόν εικονίζεται ο συνολικός αριθμός των blowout και η φάση λειτουργίας κατά την οποία συνέβησαν στο Ηνωμένο Βασίλειο, στη Νορβηγία και στον Κόλπο του Μεξικού, κατά την περίοδο 1980-2005. Σε αυτόν τον πίνακα, παρατηρείται ότι τα περισσότερα blowout και συγκεκριμένα, 127 συνέβησαν κατά τη φάση γεωτρήσεων, είτε επρόκειτο για ερευνητική γεώτρηση, είτε για γεώτρηση ανάπτυξης, είτε για οποιοδήποτε άλλο είδος γεώτρησης⁹⁵.

⁹⁴ Γραμματικάκη Αικ. (Δεκέμβριος 2013). Μελέτη ατυχημάτων σύγκρουσης υπεράκτιων πλατφορμών πετρελαίου και φυσικού αερίου με πλοία, και ατυχημάτων blowout με χρήση μετα-ανάλυσης και δικτύων πίστεως. ΕΜΠ: Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών

⁹⁵ Βλ. Σχετικά: Blowout Frequencies, στο www.ogp.org.uk/pubs/434-02.pdf. Προσπελάστηκ 17/10/2016.

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Πίνακας 3: Συνολικός αριθμός των blowout και η φάση λειτουργίας κατά την οποία συνέβησαν στο Ηνωμένο Βασίλειο, στη Νορβηγία και στον Κόλπο του Μεξικού, κατά την περίοδο 1980-2005

Table 4.1 Numbers of Wells and Incidents in SINTEF Offshore Blowout Database [1]

Operation	Category	Well Type	No. of Wells/ Incidents
Exploration Drilling, shallow gas	<i>Number of Exploration Wells Drilled</i>	Appraisal	6,257 Wells
	Blowout (surface flow)	Wildcat	7,505 Wells
		Appraisal	8
	Blowout (underground flow)	Wildcat	14
		Appraisal	0
	Diverted well release	Wildcat	0
		Appraisal	2
Well release	Wildcat	7	
	Appraisal	2	
Development Drilling, shallow gas	<i>Number of Development Wells Drilled</i>	-	22,833 Wells
	Blowout (surface flow)	-	22
	Blowout (underground flow)	-	1
	Diverted well release	-	16
	Well release	-	2
Exploration Drilling, deep	<i>Number of Exploration Wells Drilled</i>	Appraisal	6,257 Wells
	Blowout (surface flow)	Wildcat	7,505 Wells
		Appraisal	9
	Blowout (underground flow)	Wildcat	13
		Appraisal	0
	Diverted well release	Wildcat	7
		Appraisal	0 ¹
Well release	Wildcat	0 ¹	
	Appraisal	3	
Development Drilling, deep	<i>Number of Development Wells Drilled</i>	-	22,833 Wells
	Blowout (surface flow)	-	8
	Blowout (underground flow)	-	3
	Diverted well release	-	0
	Well release	-	5
Completion	<i>Number of Completions</i>	-	20,326 Wells
	Blowout (surface flow)	-	9
	Blowout (underground flow)	-	0
	Diverted well release	-	6
Production	<i>Number of Well Years In Service</i>	-	211,142 Well Years
	Blowout (surface flow)	-	7
	Blowout (underground flow)	-	1
	Diverted well release	-	0
	Well release	-	2
Workover	<i>Number of Workovers</i>	-	19,920 Workovers
	Blowout (surface flow)	-	20
	Blowout (underground flow)	-	0
	Diverted well release	-	0
Wirelining	<i>Number of Wireline Jobs</i>	-	17
			358,941

Πηγή: Προσπελάστηκε 17/10.2016 στο www.ogp.org.uk/pubs/434-02.pdf

Το blowout είναι ένα από τα πιο σοβαρά ατυχήματα που μπορούν να συμβούν σε μία πλατφόρμα και το πλήρωμά της, ενώ συμβαίνει συνήθως λόγω βλάβης ή αστοχίας των πρωταρχικών αλλά και των

δευτερευόντων φραγμάτων ασφαλείας που υπάρχουν στις πλατφόρμες για την προστασία των ανθρώπων, του περιβάλλοντος αλλά και των περιουσιακών στοιχείων από τους διάφορους κινδύνους. Ένα τέτοιο ατύχημα εκτός από τραυματισμούς, θανάτους και καταστροφές στην κατασκευή και στον εξοπλισμό, μπορεί να προκαλέσει και περιβαλλοντική ρύπανση. Οι πετρελαιοκηλίδες, που σημειώνονται κατά τη διάρκεια υπεράκτιων blowout, μπορούν να προκαλέσουν, όπως αναφέρθηκε, τεράστια ζημιά στο θαλάσσιο περιβάλλον και στα οικοσυστήματά του⁹⁶. Στατιστικά στοιχεία που αφορούν στον Κόλπο του Μεξικού δείχνουν για άλλη μια φορά τη σοβαρότητα του συγκεκριμένου ατυχήματος, καθώς το blowout αποτελεί [το 40% των ατυχημάτων πλατφορμών γενικά⁹⁷.

Οι υποκείμενοι ανθρώπινοι παράγοντες που επηρεάζουν την ασφάλεια σε ένα blowout χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: τους μεμονωμένους παράγοντες, τους οργανωτικούς παράγοντες και τους ομαδικούς παράγοντες. Για την πρώτη κατηγορία, το άγχος, η προθυμία και η παρέμβαση του ανθρώπου επηρεάζουν την απόδοσή του, δεδομένου ότι η εργασία σε υπεράκτιες πλατφόρμες θεωρείται από τις πιο δύσκολες παγκοσμίως. Στη δεύτερη κατηγορία, οι κανόνες της εταιρείας αλλά και τα συστήματα και οι διαδικασίες της επηρεάζουν την ασφάλεια. Στην τρίτη κατηγορία, πρόσκεινται πολλοί παράγοντες που ενδεχομένως να οδηγήσουν σε ανθρώπινο λάθος, όπως η διαχείριση, η επίβλεψη ή το πλήρωμα⁹⁸.

Σύμφωνα με μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί υπάρχουν τρεις κύριοι τρόποι προστασίας από ένα blowout⁹⁹:

- Εκπαίδευση προσωπικού
- Αποτροπέας εκρήξεων (Blowout Preventer/BOP)

⁹⁶ Xue L., Fan J., Rausand M., Zhang L. (2012). A Safety Barrier-Based Accident Model for Offshore Drilling Blowouts, στο Journal of Loss Prevention in the Process Industries

⁹⁷ Sharples B. P. M., Bennett W. T. Jr., Trickey J. C., (1989). Risk Analysis of Jackup Rigs, στο Marine Structures, τχ 2

⁹⁸ Cai B., Liu Y., Zhang Y., Fan Q., Liu Z., Tian X., (2013). A dynamic Bayesian Networks Modelling of Human Factors on Offshore Blowouts, στο Journal of Loss Prevention in the Process Industries

⁹⁹ Γραμματικάκη Αικ. (Δεκέμβριος 2013). Μελέτη ατυχημάτων σύγκρουσης υπεράκτιων πλατφορμών πετρελαίου και φυσικού αερίου με πλοία, και ατυχημάτων blowout με χρήση μετα-ανάλυσης και δικτύων πίστωσης. ΕΜΠ: Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών

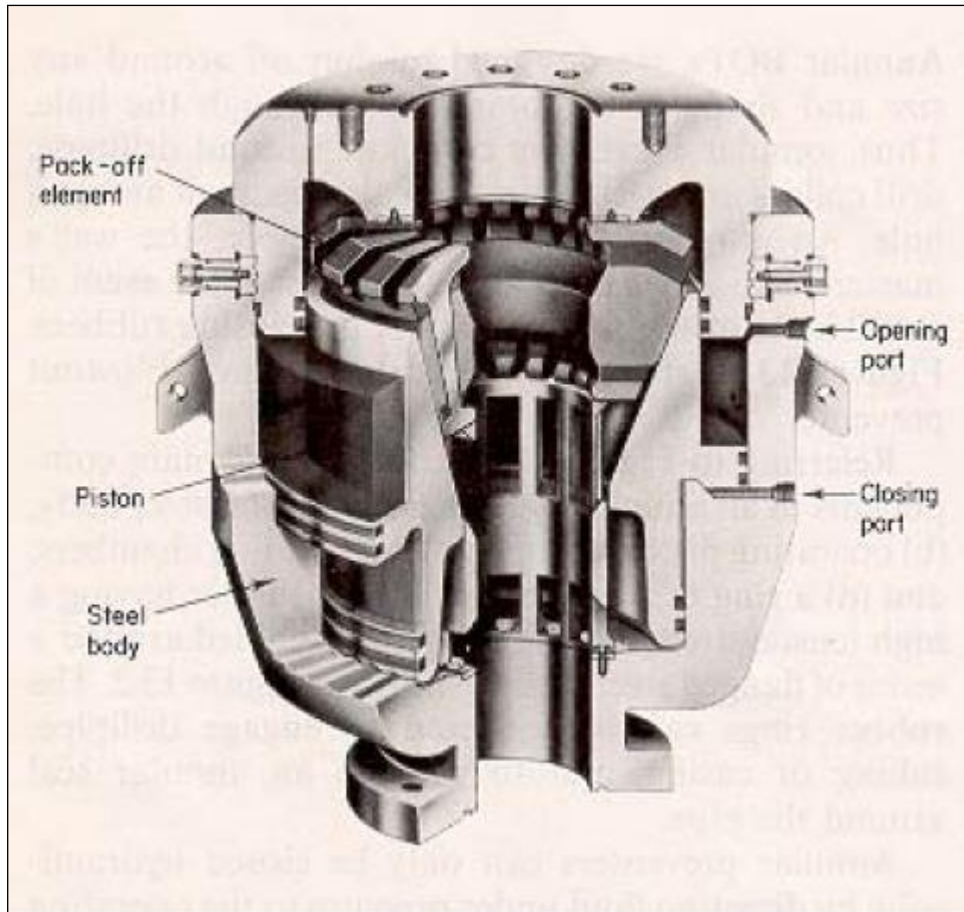
- Η κατάλληλη επιλογή του τύπου και του αριθμού των στηλών σωλήνωσης, που απαιτηθούν για την επένδυση της γεώτρησης (well casing)

Για τη μείωση του κινδύνου μίας ανεξέλεγκτης απελευθέρωσης ρευστών είναι αναγκαία η εφαρμογή τεχνικών μέσων. Το σημαντικότερο σύστημα ασφαλείας που είναι απαραίτητο να αναλυθεί στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας είναι το σύστημα αποτροπής εκτινάξεων και εκρήξεων (BOP: Blowout Preventer System), που στο εξής θα αναφέρεται για λόγους συντομίας ως BOP¹⁰⁰.

Το φράγμα πρόληψης (BOP), διαθέτει βαλβίδες που μπορούν να κλείνουν γύρω από το γεωτρύπανο σε σειρά ώστε σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης να αποκόψουν και να αποσυνδέσουν την πηγή. Μία διαρροή που ενδεχομένως να οδηγήσει σε blowout και προκαλεί την ενεργοποίηση του BOP, μπορεί να προκληθεί από διαρροές στα περιβλήματα των σωληνώσεων ή στα περιβλήματα γενικότερα, λόγω κακής ποιότητας τσιμέντου κ.α.¹⁰¹.

¹⁰⁰ Xue L., Fan J., Rausand M., Zhang L. (2012). A Safety Barrier-Based Accident Model for Offshore Drilling Blowouts, στο Journal of Loss Prevention in the Process Industries

¹⁰¹ Skogdalenand J.E., Vinnem J.E., (2011). Quantitative Risk Analysis of Oil and Gas Drilling, Using Deepwater Horizon as Case Study, στο Reliability Engineering and System Safety



Σχήμα 41: Οριζόντιο τμήμα BOP

Πηγή: Σταματάκη Σ., Περιστροφική Διάτρηση-Μηχανολογικός Εξοπλισμός (2003). Αθήνα: ΕΜΠ, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών. Προσπελάστηκε 7/5/2015 στο www.metal.ntua.gr/uploads/2284/Kef_1_2003.pdf

Το φράγμα πρόληψης (BOP) παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην ασφάλεια των εργασιών γεώτρησης σε βάθος 10,000 ποδιών σε βαθέα ύδατα. Αστοχία ενός τέτοιου συστήματος μπορεί να προκαλέσει καταστροφικά ατυχήματα, όπως αυτό του Deepwater Horizon το 2010¹⁰².

¹⁰² Βλ. Σχετικά: - Cai B., Liu Y., Liu Z., Tian X., Dong X., Yu S. (2012). Using Bayesian Networks in Reliability Evaluation for Subsea Blowout Preventer Control System. Προσπελάστηκε 15/10/2016 στο <http://isiarticles.com/bundles/Article/pre/pdf/29184.pdf>, Cai B, Liu Y., Liu Z., Tian X., Zhang Y., Liu J. (2012). Performance Evaluation of Subsea Blowout Preventer Systems with Common-Cause Failures, (2012), στο Journal of Petroleum Science and Engineering, τχ 90-91,

Για την αποφυγή τέτοιων ατυχημάτων, δύο φράγματα ασφαλείας πρέπει να είναι διαθέσιμα κατά τη διάρκεια όλων των δραστηριοτήτων και λειτουργιών, όταν υπάρχει μία διαφορά πίεσης, που μπορεί να προκαλέσει ανεξέλεγκτη εκροή από την γεώτρηση στο εξωτερικό περιβάλλον. Εκτός από όμως τα πρωτογενή και δευτερογενή φράγματα, η επιτήρηση του φρέατος (well monitoring) εισάγεται ως ένα ανεξάρτητο και ειδικό φράγμα μεταξύ των δύο προαναφερόμενων συστημάτων ασφαλείας. Η επιτυχής παρακολούθηση είναι ζωτικής σημασίας για την αντιμετώπιση ελλείψεων στο πρωτογενές φράγμα ή για την έγκαιρη ενεργοποίηση του δευτερογενούς φράγματος, προκειμένου να αποφευχθεί ένα blowout.

Στα καθιερωμένα προειδοποιητικά σήματα εκτίναξης ανήκουν η αύξηση του ρυθμού ροής, η αύξηση του όγκου του φρέατος, η αύξηση του ρυθμού διάτρησης, η μείωση της πίεσης στην αντλία, η απότομη αύξηση της ροπής στρέψης, η αλλαγή της χημικής σύστασης της λάσπης, ο ακατάλληλος ανεφοδιασμός της πηγής με την απαραίτητη ποσότητα ρευστού. Τα υποθαλάσσια συστήματα BOPs για εξέδρες βαθέων υδάτων πρέπει να έχουν δύο τυφλά δοκάρια, ένα ακουστικό σύστημα ελέγχου εκτάκτου ανάγκης καθώς και άλλα τέτοιου είδους συστήματα. Επίσης, πρέπει να έχουν ένα σύστημα αφαίρεσης παγιδευμένου αερίου σε αυτά, ενώ θα πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται η πιθανότητα της καταστροφής τους¹⁰³.

2.8. Σύγκρουση

Η σύγκρουση πλοίων – πλωτών πλατφορμών συγκαταλέγεται στα σοβαρότερα ατυχήματα που μπορούν να συμβούν στην υπεράκτια βιομηχανία. Οι υπεράκτιες πλατφόρμες είναι ευάλωτες σε συγκρούσεις με διάφορους πλοίων όπως¹⁰⁴:

- Cai B., Liu Y., Liu Z., Tian X., Li H. Ren C., (2012) Reliability Analysis of Subsea Blowout Preventer Control Systems Subjected to Multiple Error Shocks, στο Journal of Loss Prevention in the Process Industries

¹⁰³ Xue L., Fan J., Rausand M., Zhang L. (2012). A Safety Barrier-Based Accident Model for Offshore Drilling Blowouts, στο Journal of Loss Prevention in the Process Industries

¹⁰⁴ Flohberger M.L. (2010). Master's Thesis: Suggested Improvements for Ship-Installation Collision Risk Models to Reflect Current Collision Avoidance Systems. (2010). Norway: University of Stavanger

- Σκάφη του Ναυτικού
- Υποβρύχια
- Σκάφη μεταφορών από και προς τα δεξαμενόπλοια
- Αλιευτικά σκάφη
- Σκάφη προμηθειών
- Σκάφη αναμονής
- Εμπορικά πλοία

Κατά τη σύγκρουση ζημιές τόσο στο πλοίο, όσο και στην πλατφόρμα, καθώς βυθίζονται (μερικώς ή ολοκληρωτικώς), ενώ σημειώνονται εκρήξεις, φωτιές, διαρροές ή άλλες επιβλαβείς συνέπειες στο περιβάλλον. Η απώλεια του πλοίου ή της πλατφόρμας, οι σοβαροί τραυματισμοί ή ο θάνατος και η μόλυνση του περιβάλλοντος αποτελούν συνέπειες των ατυχημάτων λόγω συγκρούσεων. Η απώλεια των πλοίων ή των πλατφορμών μπορεί να σημαίνει βύθιση ή σοβαρή ζημιά από φωτιά ή έκρηξη¹⁰⁵.

Ο κίνδυνος σύγκρουσης ενός πλοίου με μία πλατφόρμα ανοικτής θάλασσας εξαρτάται από έναν αριθμό παραγόντων, όπως είναι η εγγύτητα της πλατφόρμας στις λωρίδες αποστολής, η συχνότητα της κίνησης σε αυτές και οι καιρικές συνθήκες, που επικρατούν στην περιοχή. Αξίζει να σημειωθεί πως οι υποδομές που βρίσκονται εντός ή πλησίον θαλασσιών οδών υψηλής συχνότητας αλλά και οι επικίνδυνες ως προς τις καιρικές συνθήκες θαλάσσιες οδοί, εμφανίζουν μεγαλύτερη πιθανότητα σύγκρουσης σε σχέση με τις απομονωμένες υποδομές. Η πιθανότητα για απώλεια ή ζημιά εξαρτάται από την ταχύτητα με την οποία ταξιδεύει το σκάφος, από το μέγεθός του αλλά και από τη φύση του φορτίου του¹⁰⁶.

Οι πλατφόρμες έχουν σχεδιαστεί για να αντέχουν μικρότερες συγκρούσεις κυρίως από σκάφη τροφοδοσίας. Τα διερχόμενα σκάφη ταξιδεύουν εν γένει σε υψηλότερες ταχύτητες και κατά συνέπεια, το εκτόπισμα και η μετατόπιση της σύγκρουσης θα είναι πιθανώς μεγαλύτερα από εκείνα

¹⁰⁵ Βλ. Σχετικά: -Vinnem J.E., (1998). Evaluation of Methodology for QRA in Offshore Operations, στο Reliability Engineering and System Safety, τχ 61,

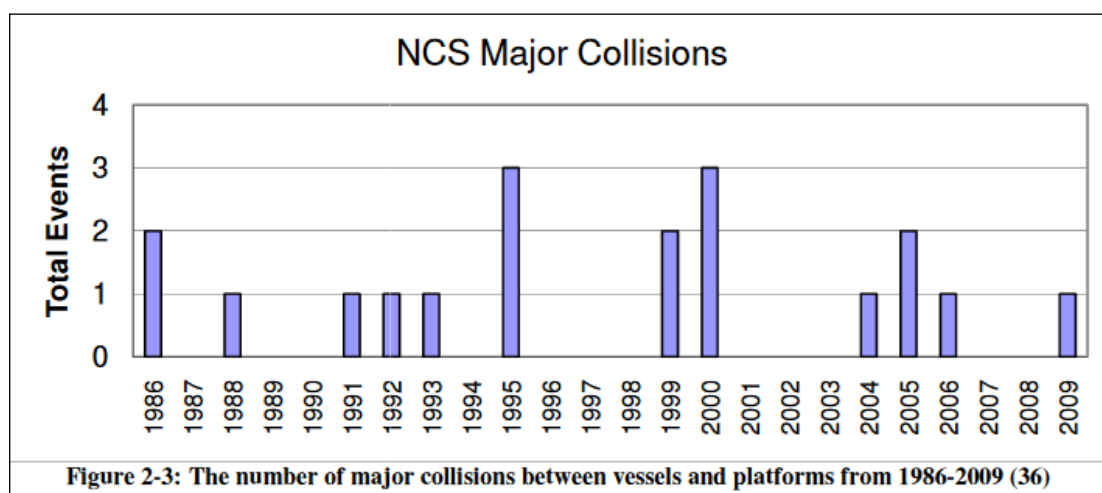
- DeFarias B.V., Netto T.A., (2012). FPSO Hull Structural Integrity Evaluation via Bayesian Updating of Inspection Data, στο Ocean Engineering, τχ 56

¹⁰⁶ Kaiser M.J. (2007). World Offshore Energy Loss Statistics, στο Energy Policy τχ 35

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

ενός σκάφους που εκτελεί εργασίες για λογαριασμό των πλατφορμών στην περιοχή. Ακόμη και σε μέτριες ταχύτητες, η εγγενής μεταφορά ενέργειας προς την πλατφόρμα μπορεί εύκολα να προκαλέσει παραμόρφωση των δομικών μελών και, ενδεχομένως, μια αστοχία. Παρά το γεγονός ότι μόνο ένα μικρό ποσοστό των συγκρούσεων έχει καταγραφεί παγκοσμίως, οι συνέπειες αυτού του τύπου των ατυχημάτων είναι σημαντικές¹⁰⁷.

Για παράδειγμα στατιστικά στοιχεία για την περιοχή πέριξ της Νορβηγίας δείχνουν ότι από το 1986 ως και το 2009 έχουν σημειωθεί 36 σημαντικά ατυχήματα τέτοιου τύπου:



Σχήμα 42: Σημαντικά ατυχήματα συγκρούσεων σκαφών με πλατφόρμες στην ευρύτερη περιοχή της Νορβηγίας για την περίοδο 1986-2009

Πηγή: Flohberger M.L. (2010). Master's Thesis: Suggested Improvements for Ship-Installation Collision Risk Models to Reflect Current Collision Avoidance Systems. (2010). Norway: University of Stavanger

Συνήθως, οι περισσότερες υπεράκτιες πλατφόρμες μπορούν να αντέξουν σε συγκρούσεις με σκάφη έως 5.000 τόνους και ταχύτητας 2 m/s. Σημαντικές συγκρούσεις είναι εκείνες που εμφανίζονται με μη εξουσιοδοτημένα σκάφη, με DWT μεγαλύτερο των 5.000 τόνων που ταξιδεύουν με μεγάλη ταχύτητα κατά τη διάρκεια της σύγκρουσης. Η σύγκρουση μεταξύ ενός πλοίου και μιας πλατφόρμας μπορεί να

¹⁰⁷ Flohberger M.L. (2010). Master's Thesis: Suggested Improvements for Ship-Installation Collision Risk Models to Reflect Current Collision Avoidance Systems. (2010). Norway: University of Stavanger

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

οδηγήσει σε αστοχία των δομικών στοιχείων και αστοχία του φρέατος ή των αγωγών. Μια σύγκρουση μεταξύ ενός πλοίου μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου και μιας πλατφόρμας ή ενός πετρελαιοφόρου και εγκαταστάσεων επαναεριοποίησης υγροποιημένου φυσικού αερίου, θα μπορούσε να έχει καταστροφικές συνέπειες, σε περίπτωση που προέκυπτε πυρκαγιά ή έκρηξη.

Στον Κόλπο του Μεξικού και στη Βόρεια Θάλασσα, έχουν συμβεί αρκετά περιστατικά τα τελευταία χρόνια, κατά τη διάρκεια αντίξοων καιρικών συνθηκών, όπου γεωτρύπανα και FPSOs έχουν αποσχιστεί από το σημείο πρόσδεσης τους και έχουν προσκρούσει σε περιοχές με υψηλή πυκνότητα υποδομών, συμβάλλοντας έτσι στην αστοχία αγωγών. Επιπλέον, μικρά πλοία που χάνουν την ευστάθειά τους κατά τη διάρκεια κακών καιρικών συνθηκών και σύρουν τις άγκυρες τους ενδέχεται να προκαλέσουν βλάβες σε αγωγούς¹⁰⁸.

Οι παράγοντες, που ενδεχομένως να οδηγήσουν σε σύγκρουση, διαμορφώνονται από τα ακόλουθα δύο επίπεδα¹⁰⁹:

- Σε άμεσο επίπεδο από τις καθημερινές συνθήκες λειτουργίας του σκάφους και της πλατφόρμας.
- Σε έμμεσο επίπεδο από τις αποφάσεις της διοίκησης που έγιναν στην ξηρά.

Ενώ τα συνήθη αίτια συγκρούσεων αποτελούν:

- Τα λάθη πλοήγησης, που ενδεχομένως οφείλονται στον ανθρώπινο παράγοντα.
- Τα φυσικά φαινόμενα
- Το ίδιο το πλοίο και συγκεκριμένα η σταθερότητα και η ευελιξία, καθώς και οι τεχνικές προδιαγραφές.
- Η διαδρομή
- Η κυκλοφοριακή συμφόρηση, ήτοι η πυκνότητα της κυκλοφορίας και η εγγύτητα προς τη θέση προορισμού, η εγγύτητα σε μηχανισμούς διαχωρισμού της κυκλοφορίας, τα δρομολόγια των πλοίων και/ή τα στενόχωρα κανάλια πλοήγησης, οι διαφορετικοί τύποι πλοίων στην περιοχή, το μέγεθος, η

¹⁰⁸ Kaiser M.J. (2007). World Offshore Energy Loss Statistics, στο Energy Policy, τχ 35

¹⁰⁹ Flohberger M.L. (2010). Master's Thesis: Suggested Improvements for Ship-Installation Collision Risk Models to Reflect Current Collision Avoidance Systems. (2010). Norway: University of Stavanger

ταχύτητα και οι συνήθειες της διερχόμενης κυκλοφορίας, οι διαδρομές ψαρέματος και η δραστηριότητα στην περιοχή, καθώς και οι εκτιμήσεις των ικανοτήτων των πληρωμάτων.

Ωστόσο, τα πιο σημαντικά αίτια των συγκρούσεων περιλαμβάνουν σύμφωνα με έρευνες, περίπλοκο εξοπλισμό, ανεπαρκώς εκπαιδευμένο πλήρωμα και παραβίαση πρωτοκόλλων ασφαλείας. Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι, υπάρχουν πολλές κοινωνικές, τεχνικές και περιβαλλοντικές μεταβλητές, οι οποίες επηρεάζουν τις εξαιρετικά πολύπλοκες αλληλεπιδράσεις μεταξύ του κυβερνήτη και του πλοίου και που ενδεχομένως, να δύναται να οδηγήσουν σε συγκρούσεις¹¹⁰.

Όπως γίνεται κατανοητό υπάρχει μια πληθώρα παραγόντων που επηρεάζουν την σύγκρουση πλοίων και υπεράκτιων πλατφορμών. Για να αποφευχθούν τέτοιου είδους ατυχήματα υπάρχουν διάφορα μέτρα προστασίας. Πιο συγκεκριμένα, τα πλοία που ταξιδεύουν κοντά σε τέτοιες εγκαταστάσεις υπεράκτιων πλατφορμών θα πρέπει μεταξύ άλλων να πραγματοποιούν¹¹¹:

- Χρήση των συστημάτων πορειογράφησης (routing systems) που υπάρχουν στην περιοχή και,
- Συνεχή ακρόαση στο VHF ή σε άλλη κατάλληλη συχνότητα ώστε να έχουν επαφή με την εγκατάσταση ή άλλα παραπλέοντα πλοία.

Επίσης, πολύ σημαντικά θεωρούνται¹¹²:

- Η ανίχνευση και η επικοινωνία των εμποδίων
- Το GPS και οι ηλεκτρονικούς χάρτες
- Τα συστήματα αυτόματης αναγνώρισης
- Τα ραντάρ και

¹¹⁰ Βλ. Σχετικά: - Ο. Π.

- Dai L., Ehlers S., Rausand M., and Utne I. B. (2012). Risk of Collision between Service Vessels and Offshore Wind Turbines, στο Reliability Engineering and System Safety

¹¹¹ Helmer Navigator (2012). Τεχνικό Δελτίο: Υπεράκτιες εγκαταστάσεις στο Βόρειο-Ανατολικό Ατλαντικό, τχ 91

¹¹² Flohberger M.L. (2010). Master's Thesis: Suggested Improvements for Ship-Installation Collision Risk Models to Reflect Current Collision Avoidance Systems. (2010). Norway: University of Stavanger

- Η υπηρεσία κυκλοφορίας πλοίων (VTS), η οποία παρέχει ενεργό παρακολούθηση και συμβουλές πλοήγησης για τα πλοία.
- Συστήματα αυτόματης αναγνώρισης (Automatic Identification System (AIS))

Τέλος, έναν άλλο τρόπο προστασίας αποτελεί και η ζώνη αποκλεισμού. Πρόκειται για μία ζώνη ασφαλείας, η οποία δημιουργείται γύρω από όλες τις ενεργές εγκαταστάσεις επιφάνειας και μερικές υποθαλάσσιες εγκαταστάσεις και εκτείνεται σε 500 m γύρω από οποιοδήποτε μέρος της εγκατάστασης¹¹³.

2.9 Ατυχήματα στη παράκτια βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου

Ο κλάδος της υπεράκτιας εκμετάλλευσης κοιτασμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου, παρουσιάζει σοβαρά ατυχήματα, τα οποία δυστυχώς οδηγούν σε απώλειες ανθρώπινης ζωής. Στη συνέχεια, γίνεται μία σύντομη αναφορά στα κυριότερα ατυχήματα υπεράκτιων κατασκευών και αναλύονται τα πιο σημαντικά για την ανθρώπινη ζωή.

2.9.1 Τα δυστυχήματα με τις περισσότερες ανθρώπινες απώλειες

Στην ενότητα αυτή γίνεται μία σύντομη περιγραφή των κυριότερων ατυχημάτων, με βάση τον αριθμό των ανθρώπινων απωλειών. Στον Πίνακα αναφέρονται επιγραμματικά τα ανωτέρω ατυχήματα, καθώς και ο αριθμός των ανθρώπινων απωλειών, που προκλήθηκαν σε κάθε ένα.

¹¹³ Ο. Π.

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Πίνακας 4: Τα μεγαλύτερα ατυχήματα σε πλατφόρμες με βάση τον αριθμό απωλειών ανθρωπίνων ζωών

Κατάταξη με βάση τον αριθμό ανθρώπινων απωλειών	Ατύχημα	Ημερομηνία	Αριθμός Θανάτων
1	Piper Alpha	06/07/1988	167
2	Alexander L. Kielland	27/03/1980	123
3	Seacrest Drillship	03/11/1989	91
4	Ocean Ranger	15/02/1982	84
5	Glomar Java Sea Drillship	25/10/1983	81
6	Bohai 2	25/11/1979	72
7	Brent Field Chinook Helicopter	06/11/1986	45
8	Enchova Central	16/08/1984	42
9	C. P. Baker Drilling Barge	30/06/1964	22
9	Mumbai (Bombay) High North	27/07/2005	22
9	Usumacinta	23/10/2007	22

Πηγή: προσπελάστηκε στις 10/7/2016 στο www.oilrigdisasters.co.uk

2.9.2 Τα πιο κοστοβόρα ατυχήματα/δυστυχήματα

Στην ενότητα αυτή, παρουσιάζονται επιγραμματικά μόνο, τα κυριότερα υπεράκτια ατυχήματα από πλευράς κόστους.

Πίνακας 5: Τα μεγαλύτερα ατυχήματα σε πλατφόρμες με βάση το συνολικό κόστος για τις εταιρείες

Κατάταξη με βάση το κόστος ατυχήματος	Ατύχημα	Κόστος (σε δολάρια του 2002)
1	Piper Alpha	\$ 1.270.000.000
2	Petrobras P36	\$ 515.000.000
3	Enchova Central	\$ 461.000.000
4	Sleipner A	\$ 365.000.000
5	Mississippi Canyon 311 A (Bourbon)	\$ 274.000.000
6	Mighty Servant 2	\$ 220.000.000
7	Mumbai (Bombay) High North	\$ 195.000.000
8	Steelhead Platform	\$ 171.000.000
9	Name not known	\$ 122.000.000
10	Petronius A	\$ 116.000.000

Πηγή: προσπελάστηκε στις 10/7/2016 στο www.oilrigdisasters.co.uk

2.10. Deepwater Horizon

Το ατύχημα της Deepwater Horizon προκάλεσε αλυσιδωτές αλλαγές στην ευρωπαϊκή νομοθεσία. Η συγκεκριμένη πλατφόρμα εξόρυξης ήταν ημι-βυθιζόμενη. Κατασκευάστηκε το 2001 στη Νότια Κορέα από την “Hyundai Heavy Industries”, ενώ κατόπιν ανατέθηκε στην εταιρεία “R & B Falcon”, η οποία αργότερα έγινε μέλος της “Transocean”, που ήταν καταχωρημένη στις Νήσους Μάρσαλ και μισθωμένη από την “BP” από το 2001 μέχρι και τον Σεπτέμβριο του 2013¹¹⁴.

¹¹⁴ Βλ. Λήμμα: Deepwater Horizon, στο en.wikipedia.org. Προσπελάστηκε 11/7/2016

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Στις 20 Απριλίου του 2010, σημειώθηκε έκρηξη στην “Deepwater Horizon” και ενώ είχε ολοκληρώσει επιτυχώς τη γεώτρηση “Macondo” σε θαλάσσιο βάθος 1.500 μέτρα και τελικό βάθος γεώτρησης περίπου 5.500 μέτρα. Το ατύχημα αυτό στερήσε τη ζωή σε έντεκα άτομα και προκάλεσε μια άνευ προηγουμένου περιβαλλοντική καταστροφή¹¹⁵.

Το blowout σημειώθηκε στην πηγή Macondo. Η φωτιά που προκλήθηκε και επεκτάθηκε «έκαιγε» για 36 ώρες, προτού βυθιστεί τελικά η βύθιση της εξέδρας. Την ίδια ώρα τα καύσιμα υλικά διαχύθηκαν στον Κόλπο του Μεξικού μέχρι να σφραγιστεί τελικά η πηγή. Το ατύχημα οφείλεται μια αποτυχία ακεραιότητας του φρεατίου, την οποία ακολούθησε απώλεια υδροστατικού ελέγχου αυτού. Μετέπειτα, υπήρξε μεγάλο πρόβλημα ελέγχου της ροής από το φρεάτιο η οποία επέτρεψε την απελευθέρωση υδρογονανθράκων και ακολούθως την ανάφλεξη. Τελικά, οι λειτουργίες εκτάκτου ανάγκης BOP απέτυχαν να σφραγίσουν την πηγή μετά από τις αρχικές εκρήξεις¹¹⁶. Στην εικόνα που ακολουθεί αποτυπώνεται κατάσβεση της πυρκαγιάς.



Σχήμα 43: Η ώρα της κατάσβεσης πυρός στη Deepwater Horizon

Πηγή: Προσπελάστηκε 11/7/2016 στο floridapolitics.com/archives/184555-floridas-presidential-hopefuls-have-forgotten-about-deepwater-horizon

¹¹⁵ Deepwater Horizon accident and response (2014). BP USA: Ernst&Young. Προσπελάστηκε 11/7/2016 στο www.bp.com/en_us/bp-us/commitment-to-the-gulf-of-mexico/deepwater-horizon-accident.html

¹¹⁶ Ο. Π.

2.10.1 “Η BP ευθύνεται για την πετρελαιοκηλίδα στο Μεξικό”¹¹⁷

Οι αποφάσεις που έλαβαν η BP και άλλες εταιρίες για μείωση του κόστους, οδήγησαν στην καταστροφή από την πετρελαιοκηλίδα στον Κόλπο του Μεξικού, σύμφωνα με επιτροπή του Λευκού Οίκου, την αποκαλούμενη και ως επιτροπή Ομπάμα, η οποία δημοσιοποιήθηκε στις 6/1/2011. Η BP και οι εταίροι της έλαβαν μια σειρά από αποφάσεις μείωσης του κόστους οι οποίες συνέβαλαν τελικά στην πετρελαιοκηλίδα που κατέστρεψε την ακτή του Κόλπου του Μεξικού το περασμένο καλοκαίρι, ανέφερε μια επιτροπή του Λευκού Οίκου για την πετρελαιοκηλίδα. Στην τελική έκθεσή της για τις αιτίες που προκάλεσαν τη μεγαλύτερη πετρελαιοκηλίδα στην ιστορία των ΗΠΑ, η επιτροπή ανέφερε πως η BP και οι συνεργάτες της στη μοιραία πετρελαιοπηγή Μακόντο δεν είχαν ένα σύστημα που να διασφαλίζει ότι οι ενέργειές τους ήταν ασφαλείς. "Είτε με πρόθεση είτε χωρίς, πολλές από τις αποφάσεις που έλαβαν η BP, η Halliburton και η Transocean, οι οποίες αύξησαν τον κίνδυνο ανατίναξης της Μακόντο, εξοικονόμησαν σαφώς για τις εταιρίες αυτές σημαντικό χρόνο (και χρήμα)", ανέφερε η έκθεση. Συσταθείσα από τον Αμερικανό πρόεδρο Μπαράκ Ομπάμα, η επιτροπή είναι η πρώτη εγκεκριμένη κυβερνητική ομάδα που ολοκλήρωσε την έρευνά της για τις αιτίες της καταστροφής στην εξέδρα άντλησης πετρελαίου.

Τα συμπεράσματά της έρχονταν σε αντίθεση με εκείνα της αρχικής έκθεσής της το Νοέμβριο του 2010, στην οποία δεν είχε βρει κανένα στοιχείο που να αποδεικνύει πως οι εργαζόμενοι στη Μακόντο έκαναν ό,τι μπορούσαν για να εξοικονομήσουν χρήματα. Η έκθεση της επιτροπής επιρρίπτει τελικά στις ανεπάρκειες του μάνατζμεντ την ευθύνη για την έκρηξη στις 20ής Απριλίου που προκάλεσε ρήγμα στην πετρελαιοπηγή Μακόντο και απελευθέρωσε εκατομμύρια βαρέλια πετρελαίου στον Κόλπο. "Οι ριζικές αιτίες είναι συστημικές και, απώσης μιας σημαντικής μεταρρύθμισης τόσο στις πρακτικές της βιομηχανίας όσο και στην κυβερνητική πολιτική, μπορεί να επαναληφθούν", ανέφερε η έκθεση, που περιγράφει τα μεγαλύτερα λάθη της BP, της Halliburton που επέβλεψε το τσιμεντώμα της πετρελαιοπηγής και της Transocean, ιδιοκτήτριας και διαχειρίστριας της εξέδρας άντλησης Deepwater Horizon.

Η BP χρεώνεται για το ότι δεν χρησιμοποίησε έναν "τσιμεντένιο κορμό" ή άλλο διαγνωστικό εργαλείο προκειμένου να ελέγξει τη σταθερότητα του τσιμεντώματος. Η έκθεση αναφέρει πως το "θεμελιώδες

¹¹⁷ «Η BP ευθύνεται για την πετρελαιοκηλίδα στο Μεξικό», Αθηναϊκό-Μακεδονικό Πρακτορείο Ειδήσεων. Προσπελάστηκε 10/7/2016 στο www.real.gr/DefaultPrint.aspx?page=arthroprint&id=36390

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

λάθος" της BP ήταν ότι δεν έδωσε την απαιτούμενη προσοχή προτού θεωρήσει ότι το τσιμέντο θα ήταν αποτελεσματικό εμπόδιο στη διαρροή πετρελαίου και αερίου από την πετρελαιοπηγή. Η BP είναι επίσης υπόλογη για διάφορες αποφάσεις που έλαβε καθώς προσπάθησε προσωρινά να εγκαταλείψει την πετρελαιοπηγή Μακόντο. Η απόφαση της BP να μετακινήσει λάσπη στον κινητό σωλήνα προτού βάλει μια τσιμεντένια τάπα ή άλλο εμπόδιο "αύξησαν αχρειαστα και ουσιαστικά τον κίνδυνο μιας έκρηξης".

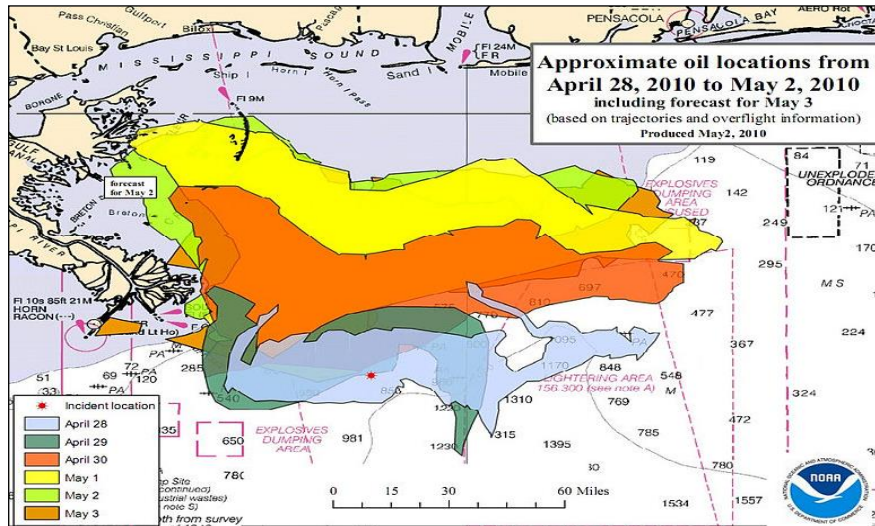
Η έκθεση επαναλαμβάνει τις προηγούμενες επικρίσεις της επιτροπής για τη δουλειά που έκανε η Halliburton με το τσιμέντο. Τα έγγραφα της Halliburton αφήνουν σαφώς να εννοηθεί πως η εταιρία μπορεί να έρριψε τσιμέντο μέσα στην πετρελαιοπηγή προτού λάβει οποιαδήποτε δοκιμαστικά στοιχεία που θα έδειχναν ότι θα ήταν σταθερή, ανέφερε η έκθεση. Η Halliburton αμφισβήτησε τις κατηγορίες της επιτροπής για τον έλεγχο του τσιμεντώματος. Η εταιρία ανέφερε σε μια δήλωση πως είχε λάβει αποτελέσματα δοκιμών που έδειχναν πως η μέθοδός της με το τσιμέντο θα ήταν σταθερή προτού πραγματοποιήσει τη δουλειά στο Μακόντο. Η επιτροπή "παρέλειψε επιλεκτικά πληροφορίες που τους παρείχαμε", ανέφερε.

Η Transocean και η BP επιπλήττονται επειδή δεν είχαν μια εσωτερική διαδικασία διερμηνείας αρνητικών δοκιμών πίεσης, τις οποίες οι εργαζόμενοι στην Deepwater Horizon παρερμήνευσαν. Επιπλέον, η Transocean απέτυχε να μεταδώσει στο πλήρωμα τα μαθήματα που είχε λάβει από ένα παρόμοιο περιστατικό σε μια από τις εξέδρες της εταιρίας που παραλίγο να οδηγήσει σε ένα δυστύχημα στη Βόρεια Θάλασσα, τέσσερις μήνες πριν από το δυστύχημα στο Μακόντο. Απαντώντας στην έκθεση, η Transocean είπε πως οι εργαζόμενοι της εταιρίας ήταν "καλά εκπαιδευμένοι" και θεωρούνταν από τους καλύτερους στη δουλειά αυτή. Η εταιρία ανέφερε επίσης πως σύμφωνα με τα βιομηχανικά πρότυπα, οι τελικές διαδικασίες στην εξέδρα καθοδηγούνταν από μηχανικούς της BP. "Στη βάση των περιορισμένων πληροφοριών που είχε στη διάθεσή του, το πλήρωμα της Transocean έκανε τις κατάλληλες ενέργειες προκειμένου να ελέγξει την πετρελαιοπηγή", δήλωσε εκπρόσωπος της εταιρίας.

Η επιτροπή ανέφερε πως οι ρυθμιστικές αρχές των ΗΠΑ δεν διαθέτουν την εξουσία, τους πόρους και την πραγματογνωμοσύνη προκειμένου να αποτρέψουν λάθη ασφαλείας. Είναι φανερό πως έπαιξε σημαντικό ρόλο στο συγκεκριμένο ατύχημα ο ανθρώπινος παράγοντας τόσο σε επίπεδο κυρίως διοίκησης όσο και σε επίπεδο εργαζομένων. Όπως προκύπτει από την έκθεση της επιτροπής υπήρξε ανεπαρκής παρακολούθηση κατά τη διάρκεια των εργασιών ολοκλήρωσης της γεώτρησης, αλλά και ελλιπής επικοινωνία μεταξύ των διοικητικών τμημάτων. Ακόμη, αναδεικνύεται και το ότι η

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

πραγματοποίηση ταυτοχρόνως πολύπλοκων εργασιών από τις εταιρείες είχαν ως αποτέλεσμα την ελλιπή παρακολούθηση του φρέατος. Υπήρξαν και άλλα αίτια για αυτό το ατύχημα, όπως έλλειψη τεχνικών γνώσεων του προσωπικού, έλλειψη εμπειρίας και σχεδιασμού αντιμετώπισης κινδύνου και ένα ελλιπώς εκπαιδευμένο προσωπικό σε θέματα ασφάλειας. Για παράδειγμα, υπήρξαν εκρήξεις για την επερχόμενη έκρηξη, όμως το πλήρωμα δεν τις αναγνώρισε.



Σχήμα 44: Η κατά προσέγγιση επέκταση της διαρροής υδρογονανθράκων στην ευρύτερη περιοχή του δυστυχήματος

Πηγή: προσπελάστηκε 10/7/2016 στο

commons.wikimedia.org/wiki/File:Deepwater_Horizon_oil_spill_NOAA_map.jpg

Σύμφωνα με αναφορά αμερικανικής κρατικής υπηρεσίας, διέρρευσαν στον Κόλπο του Μεξικού περί τα 780,000 κυβικά μέτρα αργού πετρελαίου . Ο αριθμός αυτός, τοποθετεί την πετρελαιοκηλίδα από την πλατφόρμα της BP στη δεύτερη θέση στη λίστα με τις μεγαλύτερες πετρελαιοκηλίδες όλων των εποχών, πίσω μόνο από τη διαρροή του 1991 στον Περσικό Κόλπο, μετά τον βομβαρδισμό των πετρελαϊκών εγκαταστάσεων του Κουβέιτ¹¹⁸.

¹¹⁸ Deepwater Horizon accident and response (2014). BP USA: Ernst&Young. Προσπελάστηκε 11/7/2016 στο www.bp.com/en_us/bp-us/commitment-to-the-gulf-of-mexico/deepwater-horizon-accident.html

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Η προκληθείσα ζημιά αποτελεί τη μεγαλύτερη οικολογική καταστροφή, που προκλήθηκε από ατύχημα σε πετρελαιοπηγή μέχρι σήμερα. Σύμφωνα με τα στοιχεία της ιδιοκτήτριας εταιρείας, κατά την προσπάθεια καθαρισμού και αποκατάστασης της προκύπτουσας πετρελαιοκηλίδας εργάστηκαν 48.000 άνθρωποι, χρησιμοποιήθηκαν 6.500 σκάφη και 125 αεροσκάφη, χρειάστηκαν 66,5 εκατομμύρια ανθρωποώρες και δαπανήθηκαν 14 δισεκατομμύρια δολάρια .

Η μεγαλύτερη ανθρωπογενής περιβαλλοντική καταστροφή, στην ιστορία των ΗΠΑ, οδήγησε σε επιβολή μορατόριουμ στην άντληση πετρελαίου από μεγάλα βάθη στον Κόλπο του Μεξικού, το οποίο ήρθη τον Οκτώβριο του 2010. Η καταστροφή του Deepwater Horizon, είχε διδακτική αξία και όλα τα εμπλεκόμενα μέρη στην έρευνα και εξόρυξη υπεράκτιων υδρογονανθράκων αναγκάστηκαν να επανεκτιμήσουν την ασφάλεια του εν λόγω κλάδου¹¹⁹.



Σχήμα 45: Η οικολογική καταστροφή σε όλο της το μεγαλείο.

Πηγή: Προσπελάστηκε 12/7/2016 στο connect.nola.com/staff/mahinton/photos.html, του Matthew Hinton

¹¹⁹ Ο. Π.

2.11. Το κοίτασμα Mumbai (Bombay) High North¹²⁰

Το κοίτασμα Mumbai (Bombay) High North ανακαλύφθηκε το 1974 και βρίσκεται στην Αραβική Θάλασσα 160 χιλιόμετρα δυτικά της ακτής της Βομβάης. Το πεδίο χωρίζεται σε βόρεια και νότια τμήματα, που λειτουργούν από την κρατική Oil & Natural Gas Corporation (ONGC). Για να επεξηγηθούν και οι συνθήκες του συγκεκριμένου ατυχήματος, θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι εγκαταστάσεις του πεδίου αποτελούνται από τέσσερις πλατφόρμες που συνδέονται με γέφυρες: Μία μικρή πλατφόρμα φρέατος, κατασκευής 1976 (NA), μια στέγασης προσωπικού, κατασκευής 1978 (MHF), μία επεξεργασίας, κατασκευής 1981 (MHN) και μια πρόσθετη επεξεργασίας (MHW).

Στο παρακάτω σχήμα αποτυπώνεται η κατασκευή:



Σχήμα 46: Η πλατφόρμα Mumbai High North

Πηγή: Προσπελάστηκε 5/7/2016 στο http://home.versatel.nl/the_sims/rig/mhn.htm

Σε αυτήν την κατασκευή εισάγονται υγρά από 11 άλλες μικρότερες βοηθητικές πλατφόρμες και με τη σειρά τους οδηγούνται στην ακτή μέσω υποθαλάσσιων αγωγών, καθώς και επεξεργασμένο φυσικό αέριο για εργασίες «ανύψωσης» του φυσικού αερίου. Η επτάώροφη “Mumbai (Bombay) High North” (MHN) πλατφόρμα είχε πέντε εξαγωγείς φυσικού αερίου και δέκα εισαγωγείς. Τον Ιούλιο του 2005,

¹²⁰ Mumbai High North Field has Restored Production (2002). India: Oil and Natural Gas Corporation. Προσπελάστηκε 6/7/2016 στο www.rigzone.com/news/oil_gas/a/24782/Mumbai_High_North_Field_has_Restored_Producti on

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

ένα πολλαπλών χρήσεων σκάφος υποστήριξης (MSV) συγκρούστηκε με την πλατφόρμα MHN, καταστρέφοντας τουλάχιστον έναν ανυψωτή φυσικού αερίου και προκαλώντας μια τεράστια πυρκαγιά στην πλατφόρμα MHN, καταστρέφοντάς την μέσα σε δύο ώρες.

Όταν συνέβη το ατύχημα στις 27 Ιουλίου 2005, η πλατφόρμα “Noble Charlie Yester” τύπου jack-up είχε αναλάβει μια γεώτρηση στον τομέα και είχε τοποθετηθεί πάνω από την πλατφόρμα NA. Το “MSV Samudra Suraksha” παρευρίσκετο στον τομέα υποστήριξης καταδύσεων, όταν ένας μάγειρας, ο οποίος βρισκόταν στο MSV έκοψε τις άκρες των δακτύλων του. Και ενόσω συνέβαιναν όλα τα ανωτέρω, η ύπαρξη μουσώνων στην περιοχή είχε αναγκάσει τα ελικόπτερα να παραμένουν καθηλωμένα, με αποτέλεσμα ο τραυματίας να πρέπει να μεταφερθεί από το MSV στην MHN με γερανό για ιατρική περίθαλψη. Πλησιάζοντας την MHN στην πλευρά που η ένταση του ανέμου ήταν πιο μικρή, το MSV αντιμετώπισε προβλήματα με τους προωστές του και αναγκάστηκε να προσεγγίσει την πλατφόρμα MHN με χειροκίνητο έλεγχο, ούτως ώστε να μεταφερθεί ο τραυματίας. Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνεται η εξέλιξη της πυρκαγιάς στην πλατφόρμα



Σχήμα 47: Η εξέλιξη της πυρκαγιάς στην πλατφόρμα

Πηγή: προσπλέαστηκε 5/7/2016 στο http://home.versatel.nl/the_sims/rig/mhn.htm

Στις 16:05 ισχυροί άνεμοι έσπρωξαν το MSV προς την πλατφόρμα MHN, προκαλώντας τη σύγκρουσή του πάνω στο ελικοδρόμιο, που βρισκόταν στο πίσω μέρος του σκάφους, «σπάζοντας» ένα ή περισσότερους ανυψωτές αερίου της MHN. Ως αποτέλεσμα, προέκυψε διαρροή αερίου που αναφλέχθηκε μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα. Η εγγύτητα των άλλων ανυψωτών και η έλλειψη

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

προστασίας από πυρκαγιά προκάλεσε περαιτέρω αστοχίες. Η επακόλουθη πυρκαγιά έπληξε την ΜΗΝ, αλλά και την πλατφόρμα ΜΗF, προκαλώντας την πλήρη καταστροφή της πρώτης. Η πυρκαγιά έπληξε επίσης το “MSV Samudra Suraksha”, και λόγω θερμικής ακτινοβολίας προκάλεσε σοβαρή βλάβη στην πλατφόρμα ΝΑ και την “Noble Charlie Yester” jack-up. Παρόλο που βαλβίδες επείγουσας διακοπής λειτουργίας (ESDVs) βρίσκονταν σε κάθε άκρο των ανυψωτήρων, μερικοί ανυψωτήρες ήταν έως και 12 χιλιόμετρα ψηλοί και η αποτυχία ανύψωσης προκάλεσε διαρροή μεγάλων ποσοτήτων φυσικού αερίου.



Σχήμα 48: Σε εξέλιξη η πυρκαγιά στη “MSV Samudra Suraksha”

Πηγή: προσπελάστηκε 7/7/2016 στο http://home.versatel.nl/the_sims/rig/mhn.htm

Έξι δύτες που βρίσκονταν σε θαλάμους κορεσμού στο MSV έμειναν πίσω όταν το πλοίο εγκαταλείφθηκε, οι οποίοι διασώθηκαν 36 ώρες αργότερα. Το MSV υπέστη εκτεταμένες ζημιές από πυρκαγιά και ρυμουλκήθηκε μακριά από τον χώρο, αλλά αργότερα βυθίστηκε την 1^η Αυγούστου του 2005, περίπου 18 χιλιόμετρα από την ακτή της Βομβάης.

Η ΜΗΝ κατέρρευσε μετά από περίπου δύο ώρες, αφήνοντας μόνο το εξωτερικό της μεταλλικής κατασκευής της πάνω από το επίπεδο της θάλασσας. Κατά τη διάρκεια του ατυχήματος βρίσκονταν στο χώρο 384 εργαζόμενοι. Όλες οι εγκαταστάσεις εγκαταλείφθηκαν με 362 διασωθέντες και 22 νεκρούς. Η ροή αερίου έκλεισε με υποθαλάσσια ESDVs. Σημαντικά προβλήματα αναφέρθηκαν επίσης

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

με την εγκατάλειψη όλων των εμπλεκόμενων εγκαταστάσεων: μόνο δύο από τις οκτώ σωσίβιες λέμβους και μία από τις δέκα σωσίβιες σχεδίες του συγκροτήματος λειτούργησαν. Επιπλέον, μία επιχείρηση καθαρισμού ανέλαβε την πετρελαιοκηλίδα έκτασης 10 ναυτικών μιλίων, που προκλήθηκε από την πυρκαγιά.



Σχήμα 49: Η μετάδοση της φωτιάς στη “Noble Charlie Yester”

Πηγή: Προσπελάστηκε 6/7/2016 στο http://home.versatel.nl/the_sims/rig/mhn.htm

2.11.1 Οι συνθήκες

Αναφορικά με τις συνθήκες ατυχήματος, ερευνήθηκαν δύο τομείς τόσο η επάρκεια αλλά και οι αποτυχίες των συστημάτων ελέγχου του κινδύνου όσο και εκείνη των πρακτικών και των διαδικασιών αποφυγής συγκρούσεων

Στο πλαίσιο της έρευνας, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν η τοποθεσία του ατυχήματος, αλλά και η ευαισθησία των ανυψωτήρων σε σχέση με τις ζώνες φόρτωσης της πλατφόρμας. Μερικοί ανυψωτήρες βρίσκονταν ακριβώς πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας, αλλά ήταν κατάλληλοι μόνο για τα μικρότερα σκάφη ανοικτής θαλάσσης και δεν κρίθηκαν κατάλληλοι για μεγαλύτερα σκάφη πολλαπλών χρήσεων υποστήριξης. Επίσης, αντικείμενο της έρευνας αποτέλεσε ο αριθμός των ανυψωτήρων, που ίσως να ελευθερώνονταν αν αποτύγχανε μια βαλβίδα απενεργοποίησης έκτακτης ανάγκης και η διαδικασία διαχείρισης κινδύνων, καθώς και η καταλληλότητα του πλοίου, οι αρμοδιότητες του πληρώματος, οι επικοινωνίες και τα μέτρα αποφυγής συγκρούσεων.

2.12 Usumacinta

Η πλατφόρμα τύπου jack-up Usumacinta παραδόθηκε στη Σιγκαπούρη το 1982 από την “Bethlehem Steel” και στη συνέχεια, αγοράστηκε από την “Perforadora Central of Mexico”. Τον Οκτώβριο του 2007 η Usumacinta είχε συμβόλαιο με την εταιρεία “PEMEX” για γεώτρηση στον κόλπο της “Campeche”. Η πλατφόρμα jack-up θα υποστήριζε μία πλατφόρμα παραγωγής, την “Kab-101” τύπου “Sea Pony”. Η “Kab-101” αντλούσε από δύο φρέατα παραγωγής, που απέδιδαν 5.700 βαρέλια πετρελαίου και 700.000 κυβικά πόδια φυσικού αερίου ανά ημέρα. Η jack-up είχε συμβόλαιο για να ολοκληρώσει τις εργασίες γεώτρησης σε ένα τρίτο φρέαρ, που ονομαζόταν “Kab-103”. Όμως η πλατφόρμα jack-up συγκρούστηκε με την πλατφόρμα “Kab-101” με αποτέλεσμα να υποστεί ρήξη το δέντρο παραγωγής (production tree) της “Kab-101”.



Σχήμα 50: Η “Usumacinta” παίρνει κλίση προς την “Kab-101”

Πηγή: Προσπελάστηκε 6/7/2016 στο http://home.versatel.nl/the_sims/rig/usumacinta.htm

Στις 21 Οκτωβρίου του 2007, η πλατφόρμα jack-up έλαβε θέση παραπλεύρως της πλατφόρμας Kab-101, με στόχο την ολοκλήρωση της γεώτρησης στο φρέαρ Kab-103. Στις 23 Οκτωβρίου πέρασε από τον Κόλπο του Μεξικού ένα καιρικό ψυχρό μέτωπο που έφερε θυελλώδεις ανέμους με ταχύτητα 130 km/h και κύματα ύψους έως 8 μέτρα. Οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες προκάλεσαν ταλαντωτικές κινήσεις της πλατφόρμας Usumacinta, περίπου στις 12:00 μμ. Τα παραπάνω προκάλεσαν το χτύπημα του cantilever deck της πλατφόρμας Usumacinta στην κορυφή της βαλβίδας του δέντρου παραγωγής (production valve tree) στην πλατφόρμα Kab-101, προκαλώντας διαρροή πετρελαίου και φυσικού αερίου. Στις 2:20 μμ, το προσωπικό της PEMEX επιχείρησε να κλείσει τις επιφανειακές βαλβίδες

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

ασφαλείας των πηγαδιών 101 και 102. Κάτι τέτοιο όμως στάθηκε αδύνατο, γεγονός που είχε σαν αποτέλεσμα τη συνέχιση της διαρροής.

Γύρω στις 3:35 μμ, τα 81 μέλη του προσωπικού της πλατφόρμας Usumacinta μπήκαν σε σωσίβια λέμβο, με τη βοήθεια του πυροσβεστικού πλοίου (υποστήριξης έναντι φωτιάς) “Morrison Tide”. Η θαλασσοταραχή δυσχέραινε τη διαδικασία διάσωσης και φαίνεται ότι προκάλεσε την καταστροφή τουλάχιστον μίας σωστικής λέμβου.

Στην πλατφόρμα Kab-101 στάλθηκε προσωπικό ελέγχου του φρέατος, αν και αυτό συνέβη με κάποια καθυστέρηση εξαιτίας των δυσμενών καιρικών συνθηκών και της διαρροής υδρογονανθράκων. Οι διαδικασίες ελέγχου φρέατος (well control operations) ξεκίνησαν με προσπάθειες έγχυσης βαριάς λάσπης, ακολουθούμενης από τσιμέντο. Στις 13 Νοεμβρίου προέκυψαν επιπλέον καθυστερήσεις στις διαδικασίες εξαιτίας μίας νέας πυρκαγιάς, που ξεκίνησε από μία σπίθα κατά τη διάρκεια των έργων. Την επόμενη μέρα, στις 14 Νοεμβρίου περίπου στις 11:50 μμ, η πυρκαγιά έσβησε. Όμως στις 20 Νοεμβρίου ξέσπασε και νέα πυρκαγιά, η οποία προκάλεσε τη κατάρρευση του πύργου (derrick) της Usumacinta καθώς και μεγάλες καταστροφές στο cantilever και στη γέφυρα. Η φωτιά έσβησε την ίδια μέρα χωρίς να υπάρξουν τραυματισμοί.



Σχήμα 51: Η πλατφόρμα μετά την κατάρρευση

Πηγή: Προσπελάστηκε 6/7/2016 στο http://home.versatel.nl/the_sims/rig/usumacinta.htm

Ακολούθησαν διάφορες εργασίες, συμπεριλαμβανομένης της απομάκρυνσης από την πλατφόρμα jack-up συντριμμιών, της προσάρτησης μίας βαλβίδας για ελεγχόμενη καύση και της εγκατάστασης ενός αποτροπέα εκρήξεων (BOP). Τέλος, το φρεάτιο έκλεισε και ακολούθησε σφράγιση με βαριά λάσπη

και τσιμέντωση. Στις 17 Δεκεμβρίου του 2007, η εταιρεία PEMEX ανέφερε πλήρη έλεγχο του φρέατος. Α ανέφερε ότι ο αριθμός των μελών του προσωπικού της, τα οποία ενεπλάκησαν στην εκκένωση της πλατφόρμας ήταν 86 άτομα, συμπεριλαμβανομένων πέντε ναυτικών που βοηθούσαν κατά τις προσπάθειες διάσωσης. Μέχρι τις 24 Οκτωβρίου είχαν σωθεί 58 άτομα. Η ναυαγιοσωστική λέμβος είχε εντοπιστεί αλλά ήταν αδύνατο να ανακτηθεί εξαιτίας των καιρικών συνθηκών. Κατά την εκκένωση της πλατφόρμας αναφέρθηκαν 21 νεκροί και ένας αγνοούμενος.

Όσον αφορά στην πετρελαιοκηλίδα, η PEMEX έλαβε μέτρα για τη συγκράτηση, την ανάκτηση και τον διασκορπισμό της. Η αρχική διαρροή αναφέρθηκε σε περίπου 422 βαρέλια κυρίως αργού πετρελαίου ανά ημέρα, από τα οποία το 40% εξατμίστηκε. Χρησιμοποιήθηκαν χημικά διασκορπιστικά παράλληλα με τις εργασίες ανάκτησης. Συνολικά ανακτήθηκαν 8.701 βαρέλια πετρελαίου, που είχαν διαρρεύσει στη θάλασσα αλλά στις αρχές του Δεκεμβρίου του 2007, η εταιρεία PEMEX υπολόγισε ότι είχαν χυθεί από το φρέαρ άλλα 5.000 βαρέλια πετρελαίου, που όμως δεν ανακτήθηκαν. Το μόνο που έχει επιβεβαιωθεί από την εταιρεία είναι ότι η πλατφόρμα Usumacinta ταλαντώθηκε, με αποτέλεσμα το cantilever deck να προσκρούσει στις βαλβίδες του φρέατος της Kab-101.

2.13 Πλατφόρμα Kolskaya

Η Kolskaya ήταν μια jack-up πλατφόρμα εξόρυξης υδρογονανθράκων που λειτουργούσε στη ρωσική Άπω Ανατολή. Χτίστηκε από την εταιρεία Rauma-Repola στη Φινλανδία το 1985 και ήταν στην ιδιοκτησία της ρωσικής επιχείρησης ArktikmorNeftegazRazvedka (AMNGR), μια θυγατρική Zarubezhneft. Το εκτιμημένο βάθος νερού του για τις διαδικασίες ήταν 328 πόδια (100 μ) και το βάθος διάτρυσής του ήταν 21.325 πόδια (6.500 μ)¹²¹.

¹²¹ βλ. Λήμμα: Kolskaya (jack-up rig), στο [en.wikipedia.org/wiki/Kolskaya_\(jack-up_rig\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Kolskaya_(jack-up_rig)). Προσπελάστηκε 7/7/2016.



Σχήμα 52: Η πλατφόρμα Kolskaya σε λειτουργία

Πηγή: προσπελάστηκε 6/7/2016 στο [en.wikipedia.org/wiki/Kolskaya_\(jack-up_rig\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Kolskaya_(jack-up_rig))

Η συγκεκριμένη εγκατάσταση ρυμουλκούνταν με 67 ανθρώπους στο κατάστρωμα, εν μέσω μεγάλης θυέλλης θύελλα όταν ανατράπηκε και βυθίστηκε περίπου 200 χλμ από το νησί Sakhalin στις 18 Δεκεμβρίου του 2011. Τα κύματα ήταν 5-6 μέτρα υψηλά και η θερμοκρασία ύδατος γύρω από τους ανθρώπους 1°C. Σύμφωνα με έρευνες, 53 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους στο ατύχημα, κάτι που το καθιστά το μεγαλύτερο στην ιστορία του ρωσικού τομέα του πετρελαίου και φυσικού αερίου, ενώ μόλις 14 άνθρωποι διασώθηκαν.

Μια έκθεση μετά από την έρευνα για το ατύχημα κατηγόρησε επτά ανθρώπους – τέσσερις διευθυντές σε Arktikmorneftegazrazvedka (AMNGR), ο καπετάνιος του παγοθραύστη «Magadan» που ρυμουλκούσε την εγκατάσταση γεώτρησης, έναν αντιπρόσωπο από τους ιδιοκτήτες του παγοθραυστικού και τον καπετάνιο του «Kolskaya», οι οποίοι πέθαναν στο ατύχημα. Η έκθεση κατέληξε στο συμπέρασμα ότι τα σοβαρά λάθη έγιναν κατά τη διάρκεια της ρυμούλκησης της εγκατάστασης γεώτρησης. Ο καπετάνιος άλλαξε τη διαδρομή χωρίς ειδοποίηση της εταιρείας και απέτυχε να εκκενώσει το δευτερεύον προσωπικό από την εγκατάσταση γεώτρησης, ενώ το σήμα

κινδύνου για εκκένωση εστάλη πάρα πολύ αργά και το παγοθραυστικό δε μπόρεσε να σπύσει έγκαιρα στη διάσωση¹²².

3. Νομοθεσία ατυχημάτων στην Ελλάδα

Για την πρόληψη των ατυχημάτων έχουν θεσπιστεί διάφοροι κανονισμοί ασφαλείας που έχουν στόχο την προστασία τόσο των εργαζομένων, όσο και των ίδιων των κατασκευών. Εκτός όμως από αυτούς, ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται και από όλους τους εμπλεκόμενους στις διάφορες εργασίες. Ειδικοί υποστηρίζουν, επίσης, πως οι εμπειρίες από σημαντικά υπεράκτια ατυχήματα του παρελθόντος, αποτελούν σημαντικές πηγές για την αποφυγή τους στο μέλλον, καθώς αποτελούν σημαντικές πηγές αιτιών αλλά και μεθόδων πρόληψης.

Όπως γίνεται φανερό, τα ατυχήματα των υπεράκτιων πλατφορμών επηρεάζουν διάφορους τομείς. Γι' αυτό το λόγο απαιτείται εγρήγορση και έμφαση στην πρόληψη τέτοιου είδους ατυχημάτων. Σήμερα, η υπεράκτια βιομηχανία διέπεται από ένα σύνολο κανονισμών, που έχουν στόχο τη μείωση του αριθμού των ατυχημάτων και του συνεπαγόμενου κόστους. Για αυτό το λόγο υπάρχει σχετική ευρωπαϊκή οδηγία η οποία έχει υιοθετηθεί και από τη χώρα μας.

3.1 Η ευρωπαϊκή πολιτική για τα ατυχήματα σε υπεράκτιες δραστηριότητες¹²³

Η εγχώρια προσφορά πετρελαίου και αερίου συμβάλλει σημαντικά στην ενεργειακή κατανάλωση και στην ενεργειακή ασφάλεια της ΕΕ. Στην ΕΕ πάνω από το 90% του πετρελαίου και του 60% του αερίου παράγεται μέσω υπεράκτιων δραστηριοτήτων.

¹²² Pettersen T. (Αύγουστος 2013). New suspects in Kolskaya platform disaster. Προσπελάστηκε 5/7/2016 στο <http://barentsobserver.com/en/energy/2013/08/new-suspects-kolskaya-platform-disaster-09-08>

¹²³ Έκθεση του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου την αντιμετώπιση των προβλημάτων της ασφαλείας των υπεράκτιων δραστηριοτήτων εκμετάλλευσης κοιτασμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου (2011/2072(INI)) (Ιούλιος 2011). Επιτροπή Βιομηχανίας, Έρευνας και Ενέργειας. Στρασβούργο. Προσπελάστηκε 26/6/2016 στο

Αυτή η δραστηριότητα δεν κατανέμεται ομοιόμορφα σε όλη την ΕΕ και η μεγάλη πλειοψηφία των δραστηριοτήτων αυτών λαμβάνουν χώρα στη Βόρεια Θάλασσα. Εντός της ΕΕ δύο κράτη μέλη μόνο συμβάλλουν στο 80% της παραγωγής ακατέργαστου πετρελαίου, ενώ η Νορβηγία παράγει περισσότερο από όλη την ΕΕ των 27 κρατών μελών.

Όλες οι υπεράκτιες δραστηριότητες εξόρυξης πετρελαίου και αερίου σε ευρωπαϊκά ύδατα δεν πραγματοποιούνται σε ύδατα που ελέγχονται από την ΕΕ. Επί παραδείγματι, στη Μεσόγειο Θάλασσα υπάρχει σημαντική ερευνητική δραστηριότητα στα ανοικτά των ακτών της Βορείου Αφρικής, ιδιαίτερα της Αιγύπτου και της Λιβύης.

Τα σοβαρά ατυχήματα που σχετίζονται με υπεράκτιες εργασίες πετρελαίου και φυσικού αερίου είναι πιθανόν να έχουν καταστρεπτικές και μη αναστρέψιμες συνέπειες στο περιβάλλον των θαλασσών και των παράκτιων περιοχών, καθώς και σημαντικό αρνητικό αντίκτυπο στις παράκτιες οικονομίες.

Η καταστροφή του Deepwater Horizon παρακίνησε όλους εκείνους που εμπλέκονται στην έρευνα και εξόρυξη υπεράκτιου πετρελαίου και αερίου να επανεκτιμήσουν την ασφάλεια του εν λόγω κλάδου. Η Εθνική Επιτροπή που συστάθηκε στις ΗΠΑ τον Μάιο του 2010, σε συνέχεια της καταστροφής στην εν λόγω γεώτρηση (National Commission on the BP Deepwater horizon spill and Offshore drilling), μεταξύ άλλων, προέβη σε μια σειρά συστάσεων, πολλές εκ των οποίων έχουν ήδη υλοποιηθεί.

3.1.1 Οι υποχρεώσεις των κρατών-μελών της ΕΕ

Προκειμένου να μειωθεί στο ελάχιστο η πιθανότητα μείζονος ατυχήματος σε υπεράκτιες εγκαταστάσεις, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή πρότεινε τον Οκτώβριο του 2011 έναν κανονισμό για την λήψη προληπτικών μέτρων σε όλες τις εξέδρες εξόρυξης υδρογονανθράκων που λειτουργούν στα ύδατα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Μετά από συζητήσεις στο Συμβούλιο και το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο ο κανονισμός μετατράπηκε σε οδηγία που εγκρίθηκε τον Ιούνιο του 2013 και άρχισε να ισχύει τον Ιούλιο. Τα κράτη μέλη υποχρεούνται να την ενσωματώσουν στο εθνικό τους δίκαιο μέχρι το 2015 και να έχουν υποχρεώσει τους ιδιοκτήτες, τους φορείς εκμετάλλευσης προγραμματισμένων εγκαταστάσεων παραγωγής και τους φορείς εκμετάλλευσης που προγραμματίζουν ή εκτελούν εργασίες γεώτρησης να εφαρμόσουν τα σχετικά μέτρα μέχρι τον Ιούλιο του 2016.

www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+REPORT+A7-2011-0290+0+DOC+XML+V0//EL

Στον βαθμό που οι κινητές υπεράκτιες μονάδες ανόρυξης γεωτρήσεων διέρχονται και πρέπει να θεωρούνται πλοία, υπόκεινται στις διεθνείς θαλάσσιες συμβάσεις, ιδίως στη SOLAS, τη MARPOL ή τα ισοδύναμα πρότυπα της ισχύουσας έκδοσης του κώδικα για την κατασκευή και τον εξοπλισμό υπεράκτιων κινητών μονάδων γεώτρησης (MODU Code). Οι εν λόγω υπεράκτιες κινητές μονάδες ανόρυξης γεωτρήσεων, όταν διέρχονται από υπεράκτια ύδατα, υπόκεινται επίσης στο ενωσιακό δίκαιο όσον αφορά τον έλεγχο από το κράτος του λιμένα και την τήρηση των υποχρεώσεων του κράτους σημαίας. Η παρούσα οδηγία αφορά αυτές τις μονάδες όταν τοποθετούνται σε υπεράκτια ύδατα με στόχο την εκτέλεση δραστηριοτήτων ανόρυξης γεωτρήσεων, παραγωγής ή άλλων δραστηριοτήτων που συνδέονται με υπεράκτιες εργασίες πετρελαίου και φυσικού αερίου.

Τα μέτρα της Κοινοτικής οδηγίας περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων τα εξής:

*Κάθε κράτος πρέπει να ορίσει αρμόδια αρχή που θα χορηγεί άδειες εξερεύνησης και εξόρυξης πετρελαίου και φυσικού αερίου στα ύδατα της ΕΕ.

*Οι άδειες αυτές θα δίδονται μόνο σε φορείς εκμετάλλευσης με τις επαρκείς τεχνικές και οικονομικές ικανότητες που απαιτούνται για τον έλεγχο της ασφάλειας των υπεράκτιων δραστηριοτήτων και της προστασίας του περιβάλλοντος.

*Η συμμετοχή του κοινού στις σχετικές διαβουλεύσεις πριν από την χορήγηση αδειών για τις αρχικές γεωτρήσεις σε παρθένες περιοχές είναι υποχρεωτική.

3.1.2 Έλεγχος από ανεξάρτητες αρχές

Ο έλεγχος της ασφάλειας των υπεράκτιων εγκαταστάσεων εξόρυξης όσον αφορά την ασφάλεια του προσωπικού, την προστασία του περιβάλλοντος και την ετοιμότητα αντιμετώπισης επειγόντων περιστατικών θα πραγματοποιείται από ανεξάρτητες εθνικές αρχές. Σε περίπτωση παραβιάσεων τα κράτη μέλη θα επιβάλλουν κυρώσεις που μπορεί να φτάσουν μέχρι και την διακοπή των εργασιών γεώτρησης ή και παραγωγής. Παράλληλα, πριν από την έναρξη των σχετικών εργασιών εξερεύνησης ή παραγωγής οι εταιρείες πρέπει να συντάξουν έκθεση για τους κινδύνους που απειλούν την εγκατάσταση, συνοδευόμενη από πλήρη εκτίμηση του κινδύνου και σχέδιο αντιμετώπισης κάθε προβλέψιμης έκτακτης ανάγκης. Ανεξάρτητοι ελεγκτές θα αξιολογούν περιοδικά τα συστήματα ζωτικής σημασίας όσον αφορά την ασφάλεια και τα σχέδια των φρεάτων εξόρυξης, ενώ επιθεωρήσεις θα πραγματοποιούν περιοδικά και οι αρμόδιες εθνικές αρχές.

3.1.3 Σχέδια αντιμετώπισης από εταιρείες και κράτη

Σε αυτό το πλαίσιο, οι εταιρείες υποχρεούνται να συντάξουν σχέδια αντιμετώπισης έκτακτης ανάγκης με βάση τις σχετικές εκτιμήσεις κινδύνου, και πρέπει να διατηρούν σε ετοιμότητα εκπαιδευμένες ομάδες ώστε να μπορούν να τις ενεργοποιήσουν για την αντιμετώπιση των πιθανών ατυχημάτων όταν είναι αναγκαίο. Παράλληλα, τα κράτη μέλη λαμβάνουν πλήρως υπόψη τα εν λόγω σχέδια όταν καταρτίζουν τα σχετικά εθνικά σχέδια έκτακτης ανάγκης. Τα σχέδια θα δοκιμάζονται σε τακτά διαστήματα με ασκήσεις στις οποίες θα συμμετέχει ο κλάδος και οι εθνικές αρχές. Αξίζει να σημειωθεί πως στους πολίτες θα διατίθενται συγκρίσιμες πληροφορίες σχετικά με τις επιδόσεις του κλάδου και τις δραστηριότητες των εθνικών αρμόδιων αρχών. Αυτές θα δημοσιεύονται στις αντίστοιχες ιστοσελίδες. Παράλληλα, οι φορείς εκμετάλλευσης οφείλουν να υποβάλλουν έκθεση για κάθε μείζον περιστατικό στο οποίο εμπλέκονται, προκειμένου να εξαχθούν σημαντικά διδάγματα όσον αφορά την ασφάλεια.

3.1.4 Υπεύθυνες οι εταιρείες

Οι εταιρείες πετρελαίου και αερίου θα είναι πλήρως υπεύθυνες για τυχόν περιβαλλοντικές βλάβες προκαλούμενες στα προστατευόμενα θαλάσσια είδη και στα φυσικά οικοσυστήματα. Για βλάβες στα ύδατα, η γεωγραφική ζώνη θα επεκταθεί ώστε να καλύπτει όλα τα θαλάσσια ύδατα της ΕΕ συμπεριλαμβανομένης της αποκλειστικής οικονομικής ζώνης (μέχρι περίπου 370 χλμ. από την ακτή) και της ηπειρωτικής υφαλοκρηπίδας, όπου το παράκτιο κράτος μέλος ασκεί δικαιοδοσία. Για βλάβη στα ύδατα, το ισχύον στην ΕΕ νομικό πλαίσιο για την περιβαλλοντική ευθύνη περιορίζεται στα χωρικά ύδατα (περίπου 22 χλμ. στα ανοικτά).

3.1.5 Επιθεωρητές και αρμόδιες εθνικές αρχές

Οι επιθεωρητές από τις αρμόδιες εθνικές αρχές για τις υπεράκτιες εγκαταστάσεις θα συνεργάζονται για να διασφαλίσουν την αποτελεσματική αξιοποίηση των βέλτιστων πρακτικών και να συμβάλουν στην ανάπτυξη και βελτίωση των προτύπων ασφαλείας. Παράλληλα, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή θα συνεργαστεί με τους διεθνείς εταίρους της Ευρώπης για την προώθηση της εφαρμογής υψηλών προτύπων ασφαλείας και την πρόληψη των ατυχημάτων παγκοσμίως.

3.1.6 Στοχοθεσία

Στόχος της παρούσας οδηγίας είναι να μειωθούν όσο το δυνατόν περισσότερο τα σοβαρά ατυχήματα που σχετίζονται με υπεράκτιες εργασίες πετρελαίου και φυσικού αερίου και να περιοριστούν οι συνέπειές τους, ώστε να βελτιωθεί η προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος και των παράκτιων οικονομιών από τη ρύπανση, να καθοριστούν ελάχιστες προϋποθέσεις για την υπεράκτια εξερεύνηση και εκμετάλλευση κοιτασμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου, να περιοριστούν τα πιθανά προβλήματα στην εγχώρια παραγωγή ενέργειας της Ένωσης και να βελτιωθούν οι μηχανισμοί αντίδρασης σε περίπτωση ατυχήματος¹²⁴.

Σύμφωνα με την Οδηγία 2013/30/ΕΚ, η ΕΕ έχει θέσει ένα σύνολο κανόνων για να βοηθήσει στην πρόληψη ατυχημάτων, καθώς και στην άμεση και αποτελεσματική ανταπόκριση σε περίπτωση ατυχήματος.

- Πριν από την έναρξη της εξερεύνησης ή της παραγωγής, οι εταιρείες πρέπει να συντάξουν μια έκθεση περί μεγάλων κινδύνων (ΕπΜΚ) για την υπεράκτια εγκατάστασή τους. Η έκθεση αυτή πρέπει να περιλαμβάνει μια εκτίμηση του κινδύνου και σχέδιο αντιμετώπισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης
- Οι εταιρείες πρέπει να διατηρούν τους πόρους προσβάσιμους προκειμένου να τους θέσουν σε λειτουργία αν χρειαστεί.
- Κατά τη χορήγηση αδειών, οι χώρες της ΕΕ πρέπει να διασφαλίσουν ότι οι εταιρείες χρηματοδοτούνται καλά και διαθέτουν την απαραίτητη τεχνική εξειδίκευση.

¹²⁴ Βλ. Σχετικά: - Οδηγία 2013/30/ΕΕ του ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 12ης Ιουνίου 2013 για την ασφάλεια των υπεράκτιων εργασιών πετρελαίου και φυσικού αερίου και την τροποποίηση της οδηγίας 2004/35/ΕΚ, στην Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ιούνιος 2013). Προσπελάστηκε 18/6/2016 στο www.elliny.gr/includes/legislation/greek/Odigia_30_12jun13.pdf

- Καθορισμός κανόνων, μέτρων και όρων για την αντιμετώπιση κινδύνων από ατυχήματα μεγάλης έκτασης σε εγκαταστάσεις ή μονάδες, λόγω της ύπαρξης επικίνδυνων ουσιών, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2012/18/ΕΕ. Κοινή Υπουργική Απόφαση 172058/2016, στο ΦΕΚ 354/Β/17-2-2016

- Οι τεχνικές λύσεις, οι οποίες είναι κρίσιμες για την ασφάλεια των εγκαταστάσεων των φορέων εκμετάλλευσης, θα πρέπει να επαληθεύονται ανεξάρτητα. Αυτό πρέπει να γίνει πριν τεθεί σε λειτουργία η εγκατάσταση.
- Οι εθνικές αρχές πρέπει να επαληθεύσουν ότι τηρούνται οι διατάξεις για την ασφάλεια, τα μέτρα περιβαλλοντικής προστασίας καθώς και την ετοιμότητα των τρυπανιών και εξεδρών σε περιστατικά έκτακτης ανάγκης. Εάν οι εταιρείες δεν τηρούν τις ελάχιστες προδιαγραφές, οι χώρες της ΕΕ μπορούν να επιβάλουν κυρώσεις, που περιλαμβάνουν ακόμη και τη διακοπή της παραγωγής.
- Πληροφορίες σχετικές με το πώς οι εταιρείες και οι χώρες της ΕΕ διατηρούν τις εγκαταστάσεις ασφαλείς θα πρέπει να είναι διαθέσιμες στους πολίτες.
- Οι εταιρίες θα έχουν την πλήρη ευθύνη για τυχόν περιβαλλοντικές ζημιές που προκαλούνται σε προστατευόμενα θαλάσσια είδη και φυσικά ενδιαίτηματα. Για ζημιές σε θαλάσσιους βιότοπους, η γεωγραφική ζώνη θα καλύπτει όλα τα θαλάσσια ύδατα¹²⁵.

Ο κίνδυνος είναι καθημερινό και ανυπόστατο χαρακτηριστικό των ναυτιλιακών δραστηριοτήτων, εργασιών και λειτουργιών με επιπτώσεις στην ανθρώπινη ζωή, στο περιβάλλον, στο φορτίο, στο πλοίο, στο κοινωνικό σύνολο, στη φήμη της εταιρίας και κατ' επέκταση στα κέρδη και τη βιωσιμότητά της. Γι' αυτό κρίνεται απαραίτητη η ύπαρξη μιας επίσημης, συστηματικής και εναρμονισμένης με τις πρακτικές και τις πολιτικές της εταιρίας, διαδικασίας αξιολόγησης των κινδύνων (Risk Assessment – RA) έτσι ώστε η εταιρία να είναι σε θέση να μπορεί να διαπιστώσει εάν έχουν ληφθεί τα κατάλληλα αποτρεπτικά μέτρα ελέγχου για τους κινδύνους.

3.2 Διαδικασία υποβολής Μελέτης Ασφαλείας Έργου (άρθρο 9 και 10 της Οδηγίας 126)

Ο φορέας εκμετάλλευσης εγκατάστασης ανώτερης βαθμίδας, υποχρεούται να υποβάλλει στην αδειοδοτούσα αρχή, μαζί με την αίτηση για τη χορήγηση άδειας εγκατάστασης, ανανέωσης ή

¹²⁵ Energean Oil & Gas (Μάρτιος 2016). Έργο Ανάπτυξης των Υπεράκτιων Εγκαταστάσεων Πρίνου: Μελέτη Περιβαλλοντικών και Κοινωνικών Επιπτώσεων, Μη Τεχνική Περίληψη

¹²⁶ Οδηγία 2013/30/ΕΕ του ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 12ης Ιουνίου 2013 για την ασφάλεια των υπεράκτιων εργασιών πετρελαίου και φυσικού αερίου και

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

τροποποίησης της άδειας αυτής, άδειας λειτουργίας ή εκμετάλλευσης ή άλλης σχετικής έγκρισης ή βεβαίωσης σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία, Μελέτη Ασφαλείας με την οποία πρέπει να καταδεικνύεται ότι:

- α) εφαρμόζεται, και Σύστημα Διαχείρισης της Ασφαλείας για την υλοποίησή της,
- β) έχουν προσδιορισθεί οι κίνδυνοι μεγάλου ατυχήματος και τα σενάρια πιθανών μεγάλων ατυχημάτων και έχουν ληφθεί τα απαραίτητα μέτρα για την πρόληψη και τον περιορισμό των συνεπειών τους στη δημόσια υγεία και το περιβάλλον,
- γ) ο σχεδιασμός, η κατασκευή, η λειτουργία και η συντήρηση κάθε μονάδας, χώρου αποθήκευσης, εξοπλισμού και υποδομής που συνδέονται με τη λειτουργία της και έχουν σχέση με τους κινδύνους μεγάλου ατυχήματος εντός της εγκατάστασης, παρέχουν επαρκή αξιοπιστία και ασφάλεια,
- δ) έχουν καταρτιστεί εσωτερικά σχέδια έκτακτης ανάγκης και παρέχουν τις πληροφορίες που καθιστούν δυνατή την κατάρτιση του εξωτερικού σχεδίου έκτακτης ανάγκης,
- ε) εξασφαλίζεται επαρκής πληροφόρηση των αρμόδιων αρχών σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία, ώστε να αποφασίζουν σχετικά με τη χωροθέτηση νέων δραστηριοτήτων ή έργων κοντά σε υφιστάμενες εγκαταστάσεις,
- στ) σε περίπτωση εγγύτητας της εγκατάστασης με άλλες εγκαταστάσεις που υπάγονται στις διατάξεις της παρούσας, έχει συνεκτιμηθεί δεόντως η φύση και η έκταση κινδύνου ενός συνολικού ατυχήματος μεγάλης έκτασης (φαινόμενο domino).

Η Μελέτη Ασφαλείας περιέχει τουλάχιστον:

- α) τα στοιχεία και τις πληροφορίες, αναφέροντας ονομαστικά και τα φυσικά ή νομικά πρόσωπα καθώς και τους φορείς που συμμετέχουν στην εκπόνησή της,
- β) τα σενάρια ατυχημάτων που προκύπτουν από την ανάλυση κινδύνου της εγκατάστασης,
- γ) το αρχικό εσωτερικό σχέδιο έκτακτης ανάγκης, το οποίο οριστικοποιείται μεταγενέστερα,
- δ) την απαραίτητη τεκμηρίωση συμπεριλαμβανομένων των επιστημονικών παραδοχών που έχουν χρησιμοποιηθεί για την εκπόνηση της Μελέτης Ασφαλείας.

Η Μελέτη Ασφαλείας καθώς και κάθε μεταγενέστερη επικαιροποίησή της υποβάλλεται σε δύο (2) αντίγραφα σε έντυπη μορφή και δώδεκα (12) αντίγραφα σε ψηφιακή μορφή.

την τροποποίηση της οδηγίας 2004/35/ΕΚ, στην Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ιούνιος 2013). Προσπελάστηκε 18/6/2016 στο www.elliny.gr/includes/legislation/greek/Odigia_30_12jun13.pdf

Η Μελέτη Ασφαλείας υποβάλλεται:

- α) για νέες εγκαταστάσεις, μαζί με την αίτηση ή/και τα προαπαιτούμενα για τη χορήγηση ή τροποποίηση της άδειας λειτουργίας ή της άδειας εκμετάλλευσης, άλλως, εφόσον δεν υπάρχει σχετική νομοθετική πρόβλεψη, πριν από την έναρξη λειτουργίας της εγκατάστασης, ή πριν από την υλοποίηση των τροποποιήσεων που θα έχουν ως αποτέλεσμα την αλλαγή του καταλόγου επικίνδυνων ουσιών,
- β) για τις υφιστάμενες εγκαταστάσεις ανώτερης βαθμίδας, εφόσον ήδη υπάρχουν,
- γ) για τις άλλες εγκαταστάσεις.

Σε περίπτωση που η Μελέτη Ασφαλείας δεν καλύπτει πλήρως τις απαιτήσεις των, ο φορέας εκμετάλλευσης προκειμένου να συμμορφωθεί με αυτές, υποχρεούται, κατά την κρίση της αδειοδοτούσας αρχής, είτε σε απλή ενημέρωση της υποβληθείσας Μελέτης Ασφαλείας είτε στην επικαιροποίησή της, με την επιφύλαξη των προθεσμιών που προβλέπονται.

Η αδειοδοτούσα αρχή ελέγχει τυπικά αν στη Μελέτη Ασφαλείας περιλαμβάνονται τα απαραίτητα στοιχεία της παραγράφου . Σε περίπτωση που διαπιστώνονται ελλείψεις η αδειοδοτούσα αρχή μέσα σε πέντε ημέρες καλεί τον ενδιαφερόμενο να συμπληρώσει τη Μελέτη με τα απαιτούμενα στοιχεία. Εάν διαπιστωθεί ότι η Μελέτη Ασφαλείας είναι προδήλως ελλιπής, η αδειοδοτούσα αρχή επιστρέφει αμελλητί τη Μελέτη στο φορέα εκμετάλλευσης με έγγραφη σχετική αιτιολόγηση.

3.2.1 Αξιολόγηση της Μελέτης Ασφαλείας - Εφαρμογή στην ελληνική νομοθεσία

Μετά την έκδοση της άδειας εγκατάστασης, εφόσον αυτή προβλέπεται από την κείμενη νομοθεσία και σε κάθε περίπτωση πριν την έκδοση της προβλεπόμενης στην κείμενη νομοθεσία άδειας λειτουργίας της εγκατάστασης ή της άδειας εκμετάλλευσης ή άλλως, εφόσον δεν υπάρχει σχετική νομοθετική πρόβλεψη, πριν την έναρξη λειτουργίας της εγκατάστασης, τηρείται η ακόλουθη διαδικασία αξιολόγησης της Μελέτης Ασφαλείας.

Η αδειοδοτούσα αρχή μετά τη διενέργεια του τυπικού ελέγχου της Μελέτης Ασφαλείας, διαβιβάζει μέσα σε ένα (1) μήνα από την παραλαβή της, από ένα αντίγραφο της Μελέτης Ασφαλείας και των στοιχείων που τη συνοδεύουν, στις παρακάτω συναρμόδιες αρχές ώστε, στο πλαίσιο των αρμοδιοτήτων τους σύμφωνα με τις κείμενες διατάξεις, να διατυπώνουν τυχόν σχόλια και να γνωμοδοτούν επί του περιεχομένου της Μελέτης. Ειδικότερα η Μελέτη Ασφαλείας διαβιβάζεται:

- α) στη Γενική Δ/νση Περιβαλλοντικής Πολιτικής του ΥΠΕΝ,

β) στη Γενική Γραμματεία Βιομηχανίας του Υπουργείου Οικονομίας, Ανάπτυξης και Τουρισμού (ΥΠΟΙΑΤ)

γ) στο Υπουργείο Εργασίας, Κοινωνικής Αλληλεγγύης και Κοινωνικών Ασφαλίσεων και στην αρμόδια Περιφερειακή Επιθεώρηση Ασφάλειας και Υγείας στην Εργασία, του Σώματος Επιθεώρησης Εργασίας (Σ.Ε.Π.Ε.),

δ) στο Υπουργείο Υγείας και ε) στην οικεία Πυροσβεστική Υπηρεσία. Αντίγραφο της Μελέτης Ασφαλείας διαβιβάζεται και στην Διεύθυνση Ανάπτυξης της Περιφέρειας για απλή ενημέρωσή της.

Μέσα σε προθεσμία δύο (2) μηνών από την παραλαβή της Μελέτης Ασφαλείας και των συνοδευτικών στοιχείων που προβλέπονται, οι ανωτέρω συναρμόδιες αρχές ελέγχουν τη Μελέτη Ασφαλείας συμπεριλαμβανομένου του Συστήματος Διαχείρισης Ασφάλειας που προβλέπεται και διαβιβάζουν στην αδειοδοτούσα αρχή τις σχετικές γνωμοδοτήσεις για τα στοιχεία της Μελέτης Ασφαλείας που αναφέρονται σε θέματα της αρμοδιότητάς τους. Ειδικότερη αξιολόγηση του περιεχομένου της Μελέτης Ασφαλείας διενεργείται:

α) από τη Γενική Γραμματεία Βιομηχανίας του ΥΠΟΙΑΤ, η οποία γνωμοδοτεί και ως προς τα σενάρια ατυχημάτων και την ασφαλή λειτουργία του μηχανολογικού εξοπλισμού της εγκατάστασης, καθώς και για τα ληπτέα προληπτικά και κατασταλτικά μέτρα, και

β) από την οικεία Πυροσβεστική Υπηρεσία, η οποία γνωμοδοτεί ως προς τα αρχικά εσωτερικά σχέδια έκτακτης ανάγκης,

Οι προαναφερόμενες γνωμοδοτήσεις πρέπει να είναι πλήρεις και σαφείς και να αναφέρονται στη διαπίστωση της πληρότητας της Μελέτης Ασφαλείας, ώστε να είναι δυνατή η καταχώρισή της. Στις γνωμοδοτήσεις αυτές είναι δυνατόν να περιλαμβάνεται και η επιβολή πρόσθετων όρων, καθώς και η πρόβλεψη μέτρων για την πρόληψη ατυχημάτων μεγάλης έκτασης και τον περιορισμό των συνεπειών τους στη δημόσια υγεία και στο περιβάλλον.

Αν οι προθεσμίες της υποπαραγράφου 2 παρέλθουν άπρακτες για μία ή περισσότερες από τις ως άνω συναρμόδιες αρχές, η Μελέτη Ασφαλείας καταχωρίζεται χωρίς τη/τις εν λόγω γνωμοδότηση/εις,. Το ίδιο συμβαίνει και στην περίπτωση που δεν γνωμοδοτήσει καμία από τις ανωτέρω συναρμόδιες αρχές.

3.2.2 Συμπληρωματικά στοιχεία

Σε περίπτωση που κάποια από τις συναρμόδιες αρχές κρίνει, ότι απαιτούνται συμπληρωματικά ή διευκρινιστικά στοιχεία από τον ενδιαφερόμενο, ενημερώνει την αδειοδοτούσα αρχή, με κοινοποίηση

στις συναρμόδιες αρχές, μέσα σε δύο (2) μήνες από τη παραλαβή της Μελέτης Ασφαλείας, τεκμηριώνοντας το σχετικό αίτημά της. Η αδειοδοτούσα αρχή αναμένει έως τη λήξη της διμηνιαίας προθεσμίας, ώστε να συγκεντρώσει τυχόν σχετικά αιτήματα άλλων Υπουργείων και στη συνέχεια τάσσει εύλογη προθεσμία στον φορέα εκμετάλλευσης, προκειμένου να προσκομίσει τα αιτούμενα στοιχεία. Τα στοιχεία αυτά υποβάλλονται από τον φορέα εκμετάλλευσης στην αδειοδοτούσα αρχή σε έντυπη και ψηφιακή μορφή ενσωματωμένα στην αρχική Μελέτη Ασφαλείας, προκειμένου να διαβιβασθούν στη συνέχεια στις συναρμόδιες αρχές για τελική αξιολόγηση.

3.3 Σχέδια Έκτακτης Ανάγκης

3.3.1 Εσωτερικά σχέδια έκτακτης ανάγκης

Για κάθε εγκατάσταση ανώτερης βαθμίδας ο φορέας εκμετάλλευσης υποχρεούται:

- α) να καταρτίζει εσωτερικό σχέδιο έκτακτης ανάγκης με τα μέτρα που πρέπει να λαμβάνονται μέσα στο χώρο της εγκατάστασης,
- β) να παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες στην Αυτοτελή Δ/ση Πολιτικής Προστασίας της οικείας Περιφέρειας, ώστε αυτή να είναι σε θέση να καταρτίζει εξωτερικό σχέδιο έκτακτης ανάγκης. Το εσωτερικό σχέδιο έκτακτης ανάγκης καταρτίζεται και εφαρμόζεται από τον φορέα εκμετάλλευσης, κατά τρόπο ώστε να διασφαλίζονται συνθήκες υγιεινής και ασφάλειας της εργασίας μέσα στην εγκατάσταση, σύμφωνα με τις σχετικές προβλέψεις του Ν. 3850/2010 και εγκρίνεται από την οικεία Πυροσβεστική Υπηρεσία.

Το εσωτερικό σχέδιο έκτακτης ανάγκης:

- α) καταρτίζεται ύστερα από διαβούλευση με το προσωπικό που απασχολείται μέσα στην εγκατάσταση, συμπεριλαμβανομένου του σχετικού προσωπικού υπεργολαβίας που εργάζεται επί μακρόν στην συγκεκριμένη εγκατάσταση και αποστέλλεται για τυχόν σχόλια στην οικεία Πυροσβεστική Υπηρεσία και,
 - β) οριστικοποιείται με την θετική γνωμοδότηση της οικείας Πυροσβεστικής Υπηρεσίας.
- Από εκεί και πέρα, ο φορέας εκμετάλλευσης πραγματοποιεί ασκήσεις ετοιμότητας για την εφαρμογή και εκπαίδευση ως προς τα εσωτερικά σχέδια έκτακτης ανάγκης και ειδικότερα για την επίτευξη συγκεκριμένων στόχων, απευθύνοντας σχετική πρόσκληση για συμμετοχή στην οικεία Πυροσβεστική Υπηρεσία.

Οι φορείς εκμετάλλευσης έχουν υποχρέωση να προβαίνουν σε επανεξέταση, δοκιμή και, όταν χρειάζεται, σε επικαιροποίηση των εσωτερικών σχεδίων έκτακτης ανάγκης κάθε τρία (3) χρόνια και σε κάθε περίπτωση οποτεδήποτε συμβεί σημαντική αλλαγή στη λειτουργία της εγκατάστασης. Η επανεξέταση λαμβάνει υπόψη τις μετατροπές στη σχετική εγκατάσταση, στους μηχανισμούς έκτακτης ανάγκης της εγκατάστασης, τις νέες τεχνικές γνώσεις και τις γνώσεις που αφορούν στην αντιμετώπιση ατυχημάτων μεγάλης έκτασης.

Τα επικαιροποιημένα σχέδια αποστέλλονται αμελλητί από την αδειοδοτούσα αρχή στην Αυτοτελή Δ/ση Πολιτικής Προστασίας της οικείας Περιφέρειας, ώστε αυτή να είναι σε θέση να επανεξετάζει τα εξωτερικά σχέδια έκτακτης ανάγκης σύμφωνα με τις ειδικότερες προβλέψεις της.

3.3.2 Εξωτερικά σχέδια έκτακτης ανάγκης για το σχεδιασμό αντιμετώπισης τεχνολογικών ατυχημάτων μεγάλης έκτασης

Η Δ/ση Σχεδιασμού και Αντιμετώπισης Εκτάκτων Αναγκών της Γενικής Γραμματείας Πολιτικής Προστασίας (ΓΓΠΠ) συντονίζει τη διαδικασία αναθεώρησης/ επικαιροποίησης του υφιστάμενου Γενικού Σχεδίου Έκτακτης Ανάγκης για την Αντιμετώπιση Τεχνολογικών Ατυχημάτων Μεγάλης Έκτασης στο χώρο έξω από τις εγκαταστάσεις ανώτερης βαθμίδας (Γενικό ΣΑΤΑΜΕ), σύμφωνα με τους στόχους, τις κατευθύνσεις και τις απαιτήσεις σχεδίασης που προβλέπονται στην υπ' αριθ. 1299/2003 υπουργική απόφαση, με την οποία εγκρίθηκε το Γενικό Σχέδιο Πολιτικής Προστασίας «ΞΕΝΟΚΡΑΤΗΣ». Η ανωτέρω διαδικασία διενεργείται σε συνεργασία με τα Υπουργεία Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Εσωτερικών και Διοικητικής Ανασυγκρότησης, Οικονομίας, Ανάπτυξης και Τουρισμού, Εργασίας Κοινωνικής Ασφάλισης και Κοινωνικής Αλληλεγγύης, Οικονομικών, Υγείας, Εθνικής Άμυνας, καθώς και το Αρχηγείο του Πυροσβεστικού Σώματος και άλλους κατά περίπτωση συναρμόδιους φορείς. Μετά την αποδοχή του Γενικού ΣΑΤΑΜΕ από όλους τους ανωτέρω αρμόδιους φορείς κατά το μέρος που τους αφορά και εμπλέκονται, το ΣΑΤΑΜΕ εγκρίνεται από το Γενικό Γραμματέα Πολιτικής Προστασίας, μετά από εισήγηση της Δ/σης Σχεδιασμού και Αντιμετώπισης Εκτάκτων Αναγκών της ΓΓΠΠ.

3.4 Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων

Η πιο πρόσφατη ενημέρωση της Οδηγίας ΜΠΕ (2014/52/ΕΕ¹²⁷) τέθηκε σε ισχύ στις 15 Μαΐου 2014 ώστε να απλουστεύσει τους κανόνες αξιολόγησης των πιθανών επιπτώσεων των έργων στο περιβάλλον. Τα κράτη-μέλη θα πρέπει να έχουν ολοκληρώσει την ενσωμάτωση στα νομοθετικά τους πλαίσια μέχρι τις 16 Μαΐου 2017.

Η ενημέρωση είναι σύμφωνη με τη προώθηση ενός πιο έξυπνου κανονισμού ώστε να περιορίζεται η διοικητική επιβάρυνση. Βελτιώνει επίσης το επίπεδο περιβαλλοντικής προστασίας, με στόχο να καταστήσει τη λήψη επιχειρηματικών αποφάσεων για δημόσιες και ιδιωτικές επενδύσεις πιο βέβαιη, πιο προβλέψιμη και μακροπρόθεσμα βιώσιμη.

Η νέα προσέγγιση δίνει μεγαλύτερη προσοχή στις απειλές και τις προκλήσεις που έχουν προκύψει από τότε που τέθηκαν σε ισχύ οι αρχικοί κανόνες περίπου πριν από 25 χρόνια. Αυτό σημαίνει ότι δίνεται μεγαλύτερη προσοχή σε τομείς όπως η αποδοτικότητα πόρων, η κλιματική αλλαγή και πρόληψη καταστροφών, οι οποίοι τώρα αποτυπώνονται καλύτερα στη διαδικασία αξιολόγησης. Οι κύριες τροποποιήσεις είναι ως εξής:

- Τα Κράτη-Μέλη έχουν τώρα εντολή να απλοποιήσουν τις διαφορετικές διαδικασίες τους σχετικές με την αξιολόγηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων.
- Εισάγονται χρονοδιαγράμματα για τα διάφορα στάδια περιβαλλοντικών αξιολογήσεων: οι ελεγκτικές αποφάσεις θα πρέπει να λαμβάνονται εντός 90 ημερών (αν και υπάρχει δυνατότητα παράτασης) και η δημόσια διαβούλευση θα πρέπει να διαρκεί τουλάχιστον 30 ημέρες. Τα Κράτη-Μέλη πρέπει επίσης να εξασφαλίσουν ότι οι τελικές αποφάσεις θα λαμβάνονται μέσα σε ένα «εύλογο χρονικό διάστημα».
- Η ελεγκτική διαδικασία, που καθορίζει αν απαιτείται ΜΠΕ, απλοποιείται. Οι αποφάσεις πρέπει να είναι δεόντως αιτιολογημένες υπό το πρίσμα των ενημερωμένων ελεγκτικών κριτηρίων.
- Οι εκθέσεις ΜΠΕ πρόκειται να γίνουν πιο κατανοητές για το κοινό, ιδίως όσον αφορά στις αξιολογήσεις της τρέχουσας κατάστασης του περιβάλλοντος και τις εναλλακτικές λύσεις για την εκάστοτε πρόταση.

¹²⁷ Οδηγία 2014/52/ΕΕ του ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 16ης Απριλίου 2014, για την τροποποίηση της οδηγίας 2011/92/ΕΕ σχετικά με την εκτίμηση των επιπτώσεων ορισμένων σχεδίων δημοσίων και ιδιωτικών έργων στο περιβάλλον, στην Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ιούνιος 2013). Προσπελάστηκε 18/6/2016 στο eur-lex.europa.eu/eli/dir/2014/52/oj

- Η ποιότητα και το περιεχόμενο των εκθέσεων θα βελτιωθεί. Οι αρμόδιες αρχές θα πρέπει επίσης να αποδεικνύουν την αντικειμενικότητά τους για να αποφεύγονται οι συγκρούσεις συμφερόντων.
- Οι λόγοι για τις αποφάσεις χορήγησης άδειας πρέπει να είναι σαφείς και πιο διαφανείς για το κοινό. Τα κράτη μέλη μπορούν επίσης να καθορίζουν χρονοδιαγράμματα για την εγκυρότητα οποιονδήποτε αιτιολογημένων συμπερασμάτων ή γνωμοδοτήσεων που εκδίδονται στο πλαίσιο της διαδικασίας ΜΠΕ.

Εάν τα έργα ενέχουν σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, οι υπεύθυνοι σχεδιασμού θα είναι υποχρεωμένοι να πράξουν τα δέοντα για την αποφυγή, πρόληψη ή μείωση των επιπτώσεων αυτών. Τα έργα αυτά θα πρέπει να παρακολουθούνται μέσα από διαδικασίες που καθορίζονται από τα Κράτη-Μέλη. Προς αποφυγή διπλής παρακολούθησης και περιττών εξόδων, μπορούν να χρησιμοποιούνται τα υπάρχοντα μέτρα παρακολούθησης.

Στην περίπτωση για παράδειγμα του κοιτάσματος του Πρίνου, για εμπορικούς σκοπούς, εφόσον η αντλούμενη ποσότητα υπερβαίνει τους 500 τόνους/ημ. στην περίπτωση του πετρελαίου και τα 500.000 m³/ημ. στην περίπτωση του φυσικού αερίου και χρησιμοποιούνται αγωγοί με διάμετρο άνω των 800mm και μήκους άνω των 40km για τη μεταφορά του φυσικού αερίου και του πετρελαίου. Επιπλέον προβλέπεται υποχρεωτική ΜΠΕ για κάθε μεταβολή ή επέκταση των σχεδίων όταν η εν λόγω μεταβολή ή επέκταση καθεαυτή, ικανοποιεί τα κατώτατα όρια, αν υπάρχουν. Είναι αντικείμενο συζήτησης το εάν όλες οι δραστηριότητες εκμετάλλευσης πετρελαίου και φυσικού αερίου κάτω από το όριο καλύπτονται, το οποίο θα σήμαινε ότι, σύμφωνα με το Άρθρο 4, το Κράτος-Μέλος είναι αυτό που καθορίζει εάν η δραστηριότητα υπόκειται σε ΜΠΕ (έλεγχος).

Ο τομέας υπεράκτιας εκμετάλλευσης πετρελαίου και φυσικού αερίου πρέπει να συμμορφώνεται με τις διατάξεις της Οδηγίας ΜΠΕ όταν οι ποσότητες του πετρελαίου και του αερίου που εξάγεται υπερβαίνουν εκείνες που ορίζονται. Το προτεινόμενο Έργο με τον τρέχοντα ρυθμό παραγωγής του (3.000 βαρέλια/ημ., ισοδύναμο με περίπου 425 τόνου/ημέρα), δεν ενεργοποιεί το Παράρτημα I¹²⁸ της Οδηγίας. Ωστόσο, λόγω της αύξησης της παραγωγής από το νέο επενδυτικό πρόγραμμα καθώς και των δυναμικοτήτων σχεδιασμού του, που υπερβαίνουν τα προαναφερθέντα όρια, το Έργο θα χρειαστεί

¹²⁸ Energean Oil & Gas (Μάρτιος 2016). Έργο Ανάπτυξης των Υπεράκτιων Εγκαταστάσεων Πρίνου: Μελέτη Περιβαλλοντικών και Κοινωνικών Επιπτώσεων, Μη Τεχνική Περίληψη

ΜΠΚΕ (Μελέτη Πειβάλλοντος και Κοινωνικών Επιπτώσεων) σύμφωνα με το Παράρτημα Ι της Οδηγίας¹²⁹, καθώς και δημοσιοποίηση και έγκριση αυτής από την αρμόδια περιβαλλοντική αρχή. Η Οδηγία περί Υπεράκτιων Εργασιών ενσωματώνει επίσης την υποχρέωση του φορέα εκμετάλλευσης να εξετάσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις: αναφέρεται ρητά ότι ένας από τους όρους για την εκμετάλλευση υπεράκτιων εγκαταστάσεων είναι η υποβολή Έκθεσης περί Μεγάλων Κινδύνων η οποία περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, «περιγραφή των στοιχείων του περιβάλλοντος που ενδέχεται να επηρεαστούν σημαντικά, εκτίμηση των εντοπισμένων πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, ιδίως εκλύσεων ρύπων στο περιβάλλον, καθώς και περιγραφή των τεχνικών και μη τεχνικών μέτρων που προβλέπονται για την πρόληψη, μείωση ή εξουδετέρωσή τους, συμπεριλαμβανομένης της παρακολούθησης».

Η διαδικασία για την Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων στην Ελλάδα, για έργα όπως αυτό του Πρίνου που πραγματοποιηήθηκε από την Energean Oil, συνοψίζεται στις παρακάτω φάσεις, σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία¹³⁰:

- Μελέτη Περιβαλλοντικών (και Κοινωνικών) Επιπτώσεων: ο αιτών υποβάλλει ΜΠ(Κ)Ε του έργου στο Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΝ), Διεύθυνση Περιβαλλοντικών Αδειοδοτήσεων (ΔΠΠΑ),
- Έλεγχος Πληρότητας: Η ΔΠΠΑ/ΥΠΕΝ θα ελέγξει την ΜΠ(Κ)Ε σχετικά με την πληρότητά της και μπορεί να ζητήσει πρόσθετες πληροφορίες, πριν από την προώθηση προς διαβούλευση.
- Θεσμική Διαβούλευση: γνωμοδότηση/απάντηση από τις Κεντρικές Αρχές ή άλλα συναρμόδια Υπουργεία, Περιφερειακές Αρχές και λοιπές οργανώσεις,
- Δημόσια Διαβούλευση: το έργο παρουσιάζεται στο Περιφερειακό Συμβούλιο κατά τη διάρκεια ανοικτής ακρόασης, όπου οι άνθρωποι μπορούν να εκφράσουν τις απόψεις τους
- Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων: Η ΔΠΠΑ/ΥΠΕΝ θα εξετάσει τα αποτελέσματα της διαβούλευσης (θεσμικής και δημόσιας) και θα εκδώσει την απόφασή της, που συνυπογράφεται από τα άλλα αρμόδια Υπουργεία

Από εκεί και πέρα, υπάρχει μια σειρά νομοθετημάτων που εφαρμόζονται στη χώρα μας και σχετίζονται με τη διαδικασία εξόρυξης υδρογονανθράκων.

¹²⁹ Ο.Π.

¹³⁰ Ο. Π.

3.5 Διεθνής σύμβαση για την πρόληψη της ρύπανσης από τα πλοία (MARPOL)

Η Διεθνής Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρύπανσης από Πλοία (MARPOL) είναι η κύρια διεθνής σύμβαση που καλύπτει την πρόληψη της ρύπανσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος από τα πλοία από λειτουργικά ή τυχαία αίτια.

Η Σύμβαση MARPOL υιοθετήθηκε στις 2 Νοεμβρίου 1973 στο πλαίσιο του Διεθνούς Οργανισμού Ναυσιπλοΐας (ΔΝΟ). Το Πρωτόκολλο του 1978 υιοθετήθηκε ανταποκρινόμενο σε μια έξαρση ατυχημάτων με δεξαμενόπλοια την περίοδο 1976-1977. Δεδομένου ότι η Σύμβαση MARPOL του 1973 δεν είχε ακόμη τεθεί σε ισχύ, το Πρωτόκολλο MARPOL του 1978 απορρόφησε τη μητρική Σύμβαση. Η συνδυαστική πράξη τέθηκε σε ισχύ στις 2 Δεκεμβρίου 1983. Το 1997 υιοθετήθηκε ένα Πρωτόκολλο για την τροποποίηση της Σύμβασης και προστέθηκε ένα νέο Παράρτημα VI το οποίο τέθηκε σε ισχύ στις 19 Μαΐου 2005. Η MARPOL έχει κατά καιρούς ενημερωθεί με τροποποιήσεις.

Η Σύμβαση περιλαμβάνει κανονισμούς που στοχεύουν στην πρόληψη και ελαχιστοποίηση της ρύπανσης από πλοία - τόσο ακούσιας ρύπανσης όσο και ρύπανσης από συνήθεις εργασίες- και επί του παρόντος περιλαμβάνει έξι τεχνικά Παραρτήματα. Στα περισσότερα Παραρτήματα περιλαμβάνονται Ειδικές Περιοχές με αυστηρούς ελέγχους στις επιχειρησιακές απορρίψεις.

* Παράρτημα I Κανονισμοί για την Πρόληψη της Ρύπανσης από Πετρέλαιο (τέθηκε σε ισχύ στις 2 Οκτωβρίου 1983). Καλύπτει την πρόληψη της ρύπανσης από πετρέλαιο από επιχειρησιακά μέτρα, καθώς και από τυχαίες απορρίψεις. Οι τροποποιήσεις του 1992 στο Παράρτημα I κατέστησαν υποχρεωτικό το διπλό κύτος για τα νέα πετρελαιοφόρα και έθεσαν ένα χρονοδιάγραμμα σταδιακής εφαρμογής για την προσαρμογή διπλού κύτους στα υπάρχοντα δεξαμενόπλοια, κάτι το οποίο στην συνέχεια αναθεωρήθηκε το 2001 και το 2003.

* Παράρτημα II Κανονισμοί για την Πρόληψη της Ρύπανσης από Επιβλαβείς Υγρές Ουσίες Χύδην (τέθηκε σε ισχύ στις 2 Οκτωβρίου 1983). Περιγράφει λεπτομερώς τα κριτήρια απόρριψης και τα μέτρα για τον έλεγχο της ρύπανσης από επιβλαβείς υγρές ουσίες που μεταφέρονται χύδην. Περίπου 250 ουσίες αξιολογήθηκαν και περιλαμβάνονται στον κατάλογο που επισυνάπτεται στη Σύμβαση. Η απόρριψη των καταλοίπων τους επιτρέπεται μόνο σε εγκαταστάσεις υποδοχής μέχρι ορισμένων συγκεντρώσεων και υπό τις προϋποθέσεις (οι οποίες ποικίλλουν ανάλογα με την κατηγορία των ουσιών) που πρέπει να τηρούνται. Σε κάθε περίπτωση, δεν επιτρέπεται απόρριψη καταλοίπων που περιέχουν επιβλαβείς ουσίες σε απόσταση 12 μιλίων από την πλησιέστερη ακτή.

* Παράρτημα III Πρόληψη της Ρύπανσης από Επιβλαβείς Ουσίες που Μεταφέρονται δια Θαλάσσης σε Συσκευασμένη Μορφή (τέθηκε σε ισχύ την 1η Ιουλίου 1992). Περιέχει γενικές απαιτήσεις για την

έκδοση λεπτομερών προτύπων συσκευασίας, σήμανσης, τεκμηρίωσης, στοιβασίας, ποσοτικών περιορισμών εξαιρέσεων και ειδοποιήσεων. «Επιβλαβείς ουσίες» είναι οι ουσίες που χαρακτηρίζονται ως θαλάσσιοι ρύποι στον Διεθνή Ναυτιλιακό Κώδικα Επικίνδυνων Εμπορευμάτων (Κώδικας IMDG) ή πληρούν τα κριτήρια του Προσαρτήματος στο Παράρτημα III.

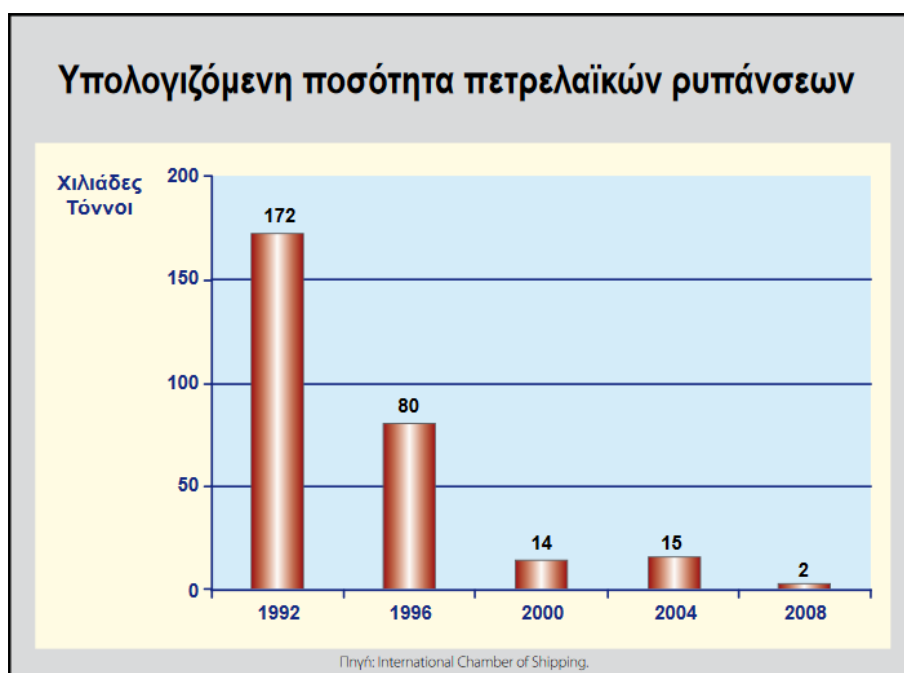
* Παράρτημα IV Πρόληψη της Ρύπανσης από Λύματα Πλοίων (τέθηκε σε ισχύ την 27η Σεπτεμβρίου 2003). Περιλαμβάνει τις απαιτήσεις για τον έλεγχο της ρύπανσης της θάλασσας από λύματα. Η απόρριψη λυμάτων στη θάλασσα απαγορεύεται, εκτός αν το πλοίο διαθέτει σε λειτουργία εγκεκριμένη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων ή αν το πλοίο απορρίπτει κονιορτοποιημένα και απολυμασμένα λύματα χρησιμοποιώντας ένα εγκεκριμένο σύστημα σε απόσταση μεγαλύτερη των τριών ναυτικών μιλίων από την πλησιέστερη ακτή. Λύματα που δεν είναι κονιορτοποιημένα ή απολυμασμένα πρέπει να απορρίπτονται σε απόσταση άνω των 12 ναυτικών μιλίων από την πλησιέστερη ακτή.

* Παράρτημα V Πρόληψη της Ρύπανσης από Απορρίμματα Πλοίων (τέθηκε σε ισχύ την 31η Δεκεμβρίου 1998). Ασχολείται με διάφορα είδη απορριμμάτων και καθορίζει τις αποστάσεις από τη ακτή και τον τρόπο με τον οποίο μπορούν να διατεθούν. Το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό του Παραρτήματος είναι η πλήρης απαγόρευση που επιβάλλει στην απόρριψη κάθε μορφής πλαστικού στην θάλασσα.

* Παράρτημα VI Πρόληψη της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης από Πλοία (τέθηκε σε ισχύ την 19η Μαΐου 2005). Θέτει τα όρια εκπομπών οξειδίου του θείου και οξειδίου του αζώτου από τα καυσαέρια των πλοίων και απαγορεύει τις σκόπιμες εκπομπές ουσιών που καταστρέφουν το όζον. Σε καθορισμένες περιοχές ελέγχου των εκπομπών ισχύουν αυστηρότερα πρότυπα για το SO_x, NO_x και τα αιωρούμενα σωματίδια. Ένα κεφάλαιο που εγκρίθηκε το 2011 καλύπτει τα υποχρεωτικά τεχνικά και λειτουργικά μέτρα ενεργειακής απόδοσης με στόχο τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τα πλοία. Όπως έχει ήδη αναγνωρισθεί από το Πρωτόκολλο του Κυότο, οι εκπομπές CO₂ από τη διεθνή ναυτιλία δεν μπορούν να αποδοθούν σε καμία συγκεκριμένη εθνική οικονομία λόγω των παγκόσμιων δραστηριοτήτων της και των πολύπλοκων λειτουργιών της.¹

Τα καυσαέρια είναι η κύρια πηγή εκπομπών GHG από τα πλοία και το διοξείδιο του άνθρακα είναι το σημαντικότερο GHG, τόσο από πλευράς ποσότητας, όσον και από πλευράς δυνατότητας παγκόσμιας θέρμανσης. Σύμφωνα με τη Δεύτερη Μελέτη του IMO για τα GHG του 2009, που είναι η πληρέστερη και εγκυρότερη εκτίμηση του επιπέδου των GHG που εκπέμπονται από πλοία, η διεθνής ναυτιλία υπολογίστηκε ότι έχει εκπέμψει το 2007 870 εκατ. τόννους, ή περίπου το 2,7% των παγκόσμιων ανθρωπογενών εκπομπών CO₂. Η μελέτη αναγνώρισε σημαντική δυνατότητα μείωσης

εκπομπών CO₂ μέσω τεχνικών και λειτουργικών μέτρων¹³¹. Στα γραφήματα αποτυπώνεται η μείωση της ρύπανσης λόγω πετρελαίου¹³², σύμφωνα με μελέτες του Διεθνούς Επιμελητηρίου Ναυτιλίας (International Chamber of Shipping) σε παγκόσμιο επίπεδο, κάτι το οποίο οφείλεται τόσο στην αυστηροποίηση της νομοθεσίας όσο και στη βελτίωση των κανόνων ασφαλείας. Οι παρακάτω δεν αφορούν μόνο την offshore βιομηχανία, αλλά περιλαμβάνουν και ρυπάνσεις από πλοία.



Σχήμα 53: Η μείωση της ρύπανσης λόγω πετρελαίου από το 1992-2008

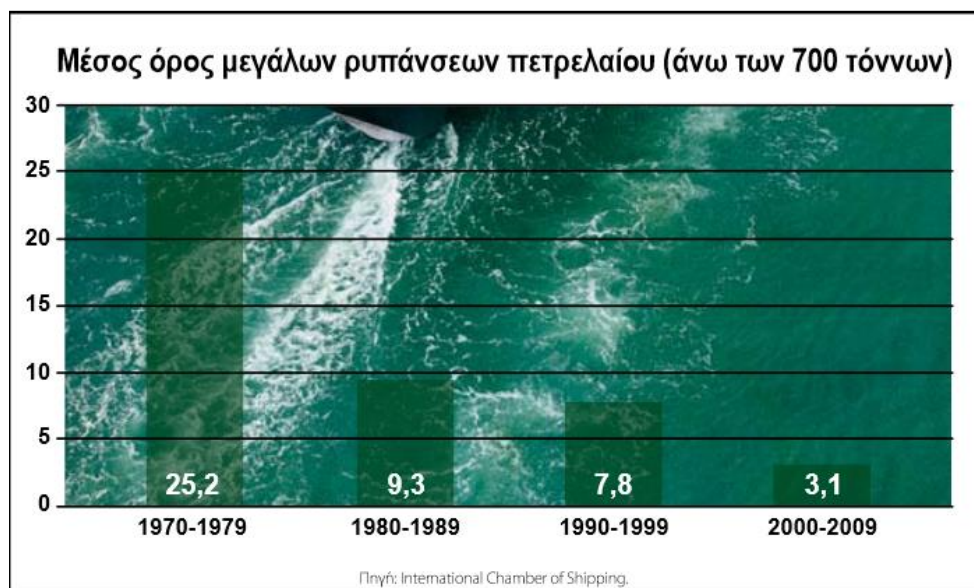
Πηγή: Προσπελάστηκε στις 5/5/2016 ics-shipping.org

¹³¹ Βλ. Σχετικά: Ο.Π.

- Σκαβάρας Σπ. (2011). Πρόληψη ρύπανσης θαλάσσιου περιβάλλοντος από τα πλοία. Υπουργείο Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας και Ναυτιλίας: Επιστημονική Επιτροπή Ειδικότητας Ναυπηγών Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας. Προσπελάστηκε 29/5/2016 στο library.tee.gr/digital/m2575/m2575_skavaras.pdf

- Ένωση Ελλήνων Εφοπλιστών. Πρόληψη Περιβαλλοντικής Ρύπανσης από Πλοία: Καθεστώτα Νομοθεσίας και Αποζημίωσης και Βιομηχανικά Πρότυπα. Προσπελάστηκε 13/6/2016 στο www.nee.gr/downloads/94EEE%20pollution%20prevention%20brochure.pdf

¹³² Ο.Π.



Σχήμα 54: Μείωση των μεγάλων ρυπάνσεων από το 1970 μέχρι το 2009, όπως αποτυπώνεται σε έκθεση του International Chamber of Shipping

Πηγή: Προσπελάστηκε στις 5/5/2016 ics-shipping.org

3.6 Συμφωνία για την Διατήρηση των Κητωδών στην Μαύρη Θάλασσα, την Μεσόγειο Θάλασσα και την Συγκείμενη Ζώνη του Ατλαντικού (ACCOBAMS)

Η ACCOBAMS, η Συμφωνία για τη Διατήρηση των Κητωδών της Μαύρης Θάλασσας, της Μεσογείου και της συγκείμενης ζώνης του Ατλαντικού αποτελεί ένα «εργαλείο συνεργασίας για τη διατήρηση της θαλάσσιας βιοποικιλότητας της Μεσογείου και της Μαύρης Θάλασσας».

Η ACCOBAMS έχει ως στόχο να μειωθούν οι απειλές για τα κητώδη της Μεσογείου και της Μαύρης Θάλασσας και να βελτιωθούν οι γνώσεις μας για τα ζώα αυτά, ενώ είναι η πρώτη Συμφωνία που δεσμεύει τις χώρες των δύο υποπεριοχών, δίνοντάς τους τη δυνατότητα να εργαστούν από κοινού σε

ένα θέμα για το γενικού συμφέρον. Η ACCOBAMS συνήφθη στο πλαίσιο της σύμβασης για τα Αποδημητικά Είδη (CMS) το 1996 και τέθηκε σε ισχύ το 2001¹³³.

3.7 Σύμβαση της Στοκχόλμης για τους έμμοιους ρύπους (POP)

Η Σύμβαση της Στοκχόλμης για τους Έμμοιους Οργανικούς Ρύπους είναι μια διεθνής περιβαλλοντική συνθήκη, η οποία υπεγράφη το 2001 και τέθηκε σε ισχύ το Μάιο του 2004, με σκοπό την εξάλειψη ή τον περιορισμό της παραγωγής και χρήσης έμμοιων οργανικών ρύπων (POP).

Βασικά στοιχεία της Σύμβασης είναι η υποχρέωση των αναπτυγμένων χωρών να παρέχουν νέους και πρόσθετους χρηματοδοτικούς πόρους και μέτρα για την εξάλειψη της παραγωγής και χρήσης των σκοπίμως παραγόμενων έμμοιων οργανικών ρύπων, να εξαλείψουν την ακούσια παραγωγή ρύπων, όπου είναι εφικτό, και να διαχειριστούν και να διαθέτουν τα απόβλητα έμμοιων οργανικών ρύπων με περιβαλλοντικά ορθό τρόπο. Για την περαιτέρω προώθηση της υπεράκτιας ασφάλειας η Ευρωπαϊκή Επιτροπή συνεργάζεται με τους διεθνείς εταίρους της πάνω στην εφαρμογή των υψηλότερων προτύπων ασφάλειας παγκοσμίως. Οι επιθεωρητές υπεράκτιων εγκαταστάσεων των χωρών της ΕΕ συνεργάζονται επίσης με τον Όμιλο Αρχών Υπεράκτιων Δραστηριοτήτων Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης (EUOAG) για την ανταλλαγή βέλτιστων πρακτικών και τη βελτίωση των προτύπων.

Η ρύπανση του εδάφους και των υδάτινων συστημάτων από φυτοφάρμακα έχουν γίνει στόχος πολυάριθμων ερευνών και συντονισμένων προγραμμάτων σε όλες τις αναπτυγμένες χώρες.

Παρόμοιες έρευνες έχουν επικεντρωθεί στους και όργανα ζώων και φυτών για να μελετηθεί η διείδυση των ενεργών συστατικών των POPs φυτοφαρμάκων και τους μηχανισμούς βλαβών στα έμβια ζώα. Τα POPs φυτοφάρμακα αναστέλλουν ενζυμικές λειτουργίες, προκαλούν οξειδωτικό stress ή βλάβες στο πρωτεϊνικό υπόστρωμα των ενζύμων και στο DNA.

Η εξαιρετικά αργή βιοαποικοδόμηση των POPs φυτοφαρμάκων και η διατήρηση

¹³³ Συμφωνία για την Διατήρηση των Κητωδών στην Μαύρη Θάλασσα, την Μεσόγειο Θάλασσα και την Συγκείμενη Ζώνη του Ατλαντικού (ACCOBAMS). Ινστιτούτο Κητολογικών Ερευνών "Πέλαγος". Προσπελάστηκε 26/6/2016 στο www.pelagosinstitute.gr/gr/pelagos/accobams.html

τους επί μακρόν χρονικό διάστημα στα περιβαλλοντικά διαμερίσματα δημιούργησε εκτεταμένη διασυννοριακή ρύπανση (θάλασσες, λιμναία και ποτάμια συστήματα), ενώ και υψηλές συγκεντρώσεις σε όργανα και ιστούς ζώων βρέθηκαν στους πόλους και σε απομακρυσμένες περιοχές¹³⁴.

3.8 Σύμβαση του Aarhus

Η Σύμβαση της Οικονομικής Επιτροπής των Ηνωμένων Εθνών για την Ευρώπη (UNECE) για την Πρόσβαση σε πληροφορίες, τη Συμμετοχή του Κοινού στη Λήψη Αποφάσεων και την Πρόσβαση στη Δικαιοσύνη για Περιβαλλοντικά Θέματα υιοθετήθηκε την 25η Ιουνίου 1998 στην πόλη Aarhus της Δανίας, κατά την Τέταρτη Υπουργική Διάσκεψη στο πλαίσιο της διαδικασίας «Περιβάλλον για την Ευρώπη».

Η Σύμβαση:

- Συνδέει τα περιβαλλοντικά και τα ανθρώπινα δικαιώματα
- Αναγνωρίζει ότι έχουμε μια υποχρέωση έναντι των μελλοντικών γενεών
- Ορίζει ότι η αειφόρος ανάπτυξη μπορεί να επιτευχθεί μόνο με τη συμμετοχή όλων των ενδιαφερομένων μερών
- Συνδέει την κυβερνητική υπευθυνότητα και την προστασία του περιβάλλοντος
- Εστιάζει στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ πολιτών και δημόσιων αρχών σε ένα δημοκρατικό πλαίσιο.

Το αντικείμενο της Σύμβασης αφορά τον πυρήνα της σχέσης μεταξύ πολιτών και κυβερνήσεων και ασχολείται με την κυβερνητική υπευθυνότητα, τη διαφάνεια και τον βαθμό ανταπόκρισης.

Η Σύμβαση του Aarhus παρέχει δικαιώματα στους πολίτες και επιβάλλει υποχρεώσεις στα Συμβαλλόμενα Μέρη και τις δημόσιες αρχές σχετικά με την πρόσβαση σε πληροφορίες, τη δημόσια συμμετοχή και την πρόσβαση στη δικαιοσύνη.

¹³⁴ Βλ. Σχετικά: - Κύρωση της Σύμβασης της Στοκχόλμης για τους έμμοιους οργανικούς ρύπους (Persistent organic pollutants - POPS), (2006), στο ΦΕΚ 52 Α'/13-03-2006

- Οδηγία 2006/507/ΕΚ του ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 14ης Οκτωβρίου 2004, για την αντιμετώπιση των κινδύνων που ενέχουν οι χημικές ουσίες (σύμβαση της Στοκχόλμης), στην Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Προσπελάστηκε 18/6/2016 στο <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=URISERV%3A121279>

- Κελεμένης Ν. (2007). Η Σύμβαση της Στοκχόλμης για τους Έμμοιους Οργανικούς Ρύπους. Πανεπιστήμιο Αιγαίου: Τμήμα Περιβάλλοντος

Η Σύμβαση του Aarhus διαμορφώνει επίσης μια νέα διαδικασία για τη δημόσια συμμετοχή στη διαπραγμάτευση και εφαρμογή των διεθνών συμφωνιών.

Οι τρεις βασικοί της πυλώνες είναι οι εξής:

- Πρόσβαση σε πληροφορίες: κάθε πολίτης πρέπει να έχει το δικαίωμα της σε ευρεία και εύκολη πρόσβαση σε περιβαλλοντικές πληροφορίες. Οι δημόσιες αρχές υποχρεούνται να παρέχουν όλες τις πληροφορίες που απαιτούνται και να τις συλλέγουν και να τις διαδίδουν εγκαίρως και με διαφανή τρόπο. Αυτές περιλαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση του περιβάλλοντος, τις πολιτικές και τα μέτρα που λαμβάνονται ή την κατάσταση ανθρώπινης υγείας και ασφάλειας, σε περιπτώσεις που αυτή μπορεί να επηρεαστεί από την κατάσταση του περιβάλλοντος. Ορισμένες πληροφορίες εξαιρούνται της κοινοποίησης, όπως για παράδειγμα σε περιπτώσεις που η δημοσιοποίηση θα επηρεάσει αρνητικά τις διεθνείς σχέσεις, την εθνική άμυνα, τη δημόσια ασφάλεια, τη λειτουργία της δικαιοσύνης, το εμπορικό απόρρητο ή το απόρρητο των προσωπικών δεδομένων. Οι πληροφορίες μπορεί να μην κοινοποιηθούν εάν η δημοσιοποίησή τους θα μπορούσε να βλάψει το περιβάλλον, όπως τους χώρους αναπαραγωγής σπανίων ειδών,
- Δημόσια συμμετοχή στη λήψη αποφάσεων: οι πολίτες έχουν δικαίωμα συμμετοχής στη λήψη αποφάσεων για περιβαλλοντικά θέματα. Οι δημόσιες αρχές θα πρέπει να κάνουν ρυθμίσεις που θα επιτρέπουν στο κοινό να ενημερωθεί και στη συνέχεια να σχολιάσει (εάν το επιθυμεί) τις προτάσεις για έργα που επηρεάζουν το περιβάλλον, ή σχέδια και προγράμματα που αφορούν το περιβάλλον. Τυχόν μεταγενέστερα σχόλια πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων μπορούν να επωφεληθούν από τις γνώσεις και την εμπειρία των πολιτών. Η συμβολή αυτή αποτελεί μια μεγάλη ευκαιρία για τη βελτίωση της ποιότητας των περιβαλλοντικών αποφάσεων και των αποτελεσμάτων και εγγυάται διαδικαστική νομιμότητα.
- Πρόσβαση στη δικαιοσύνη: οι πολίτες έχουν το δικαίωμα δικαστικών ή διοικητικών διαδικασιών προσφυγής σε περίπτωση που ένα Μέρος παραβιάζει ή δεν τηρεί τις αρχές της Σύμβασης, δηλαδή το δικαίωμα επιδίωξης προσφυγής όταν παραβιάζεται το περιβαλλοντικό δίκαιο και το δικαίωμα πρόσβασης σε διαδικασίες επανεξέτασης για να προσβάλουν δημόσιες αποφάσεις που ελήφθησαν χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι δύο άλλους πυλώνες της Σύμβασης¹³⁵.

¹³⁵ Βλ. Σχετικά: - Περιβαλλοντική Πληροφορία. Αθήνα: Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Προσπελάστηκε 26/62016 στο www.ypeka.gr/?tabid=467

3.9 Σύμβαση για τα αποδημητικά είδη (CMS ή Σύμβαση της Βόννης)

Η Σύμβαση για τη Διατήρηση των Αποδημητικών Ειδών της Άγριας Πανίδας - ευρύτερα γνωστή ως απλώς Σύμβαση για τα Αποδημητικά Είδη (CMS) ή Σύμβαση της Βόννης έχει στόχο τη διατήρηση των χερσαίων, θαλάσσιων και πτηνών αποδημητικών ειδών σε όλο το εύρος της μεταναστευτικής τους διαδρομής. Πρόκειται για μια διακυβερνητική συνθήκη, η οποία συνήφθη υπό την αιγίδα του Προγράμματος των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον (UNEP) και αφορά τη διατήρηση της άγριας ζωής και των ενδιαιτημάτων σε παγκόσμια κλίμακα. Η Σύμβαση υπεγράφη το 1979 στη Βόννη και τέθηκε σε ισχύ το 1983. Η Σύμβαση για τα Αποδημητικά Είδη είναι ο μοναδικός παγκόσμιος και με βάση τον ΟΗΕ διακυβερνητικός οργανισμός που ιδρύθηκε αποκλειστικά για τη διατήρηση και διαχείριση των χερσαίων, υδρόβιων και των πτηνών αποδημητικών ειδών σε όλο το εύρος της μεταναστευτικής τους διαδρομής. Η Σύμβαση για τα Αποδημητικά Είδη και συνοδές συμφωνίες της καθορίζουν την πολιτική και προσφέρουν περαιτέρω καθοδήγηση επί συγκεκριμένων θεμάτων, μέσω Στρατηγικών Σχεδίων, Σχεδίων Δράσης, ψηφισμάτων, αποφάσεων και οδηγιών. Όλα τα Μέρη διατηρούν στις ιστοσελίδες τους μια λίστα με όλες τις αποφάσεις που λαμβάνονται, θέματα κατευθυντήριων γραμμών και τα Σχέδια Δράσης που εγκρίθηκαν από τα Κράτη Μέλη¹³⁶.

- Energean Oil & Gas (Μάρτιος 2016). Έργο Ανάπτυξης των Υπεράκτιων Εγκαταστάσεων Πρίνου: Μελέτη Περιβαλλοντικών και Κοινωνικών Επιπτώσεων, Μη Τεχνική Περίληψη

- Ενσωματώνεται η σύμβαση Aarhus για το περιβάλλον (8/11/2005). Προσπελάστηκε 23/6/2016 στο www.imerisia.gr/article.asp?catid=26510&subid=2&pubid=209943

¹³⁶ Βλ. Σχετικά: - Energean Oil & Gas (Μάρτιος 2016). Έργο Ανάπτυξης των Υπεράκτιων Εγκαταστάσεων Πρίνου: Μελέτη Περιβαλλοντικών και Κοινωνικών Επιπτώσεων, Μη Τεχνική Περίληψη

- Notarbartolo di Sciara G., Bearzi G., (Οκτώβριος 2009). Εθνική Στρατηγική Προστασίας και Σχέδιο Δράσης για την προστασία των Κητωδών στην Ελλάδα, 2010-2015. Αθήνα: Πρωτοβουλία για τη Διατήρηση Κητωδών στην Ελλάδα

3.10 Σύμβαση Ramsar

Η Σύμβαση Ramsar είναι μια διεθνής συνθήκη για τη διατήρηση και τη βιώσιμη χρήση των υγροτόπων, την αναγνώριση των θεμελιωδών οικολογικών λειτουργιών των υγροτόπων και της οικονομικής, πολιτιστικής, επιστημονικής και ψυχαγωγικής τους αξίας. Το επίσημο όνομα της Σύμβασης είναι Σύμβαση για τους Υγροβιότοπους Διεθνούς Σημασίας ειδικά ως Οικότοποι Υδρόβιων Πτηνών και αντανακλά τη σημασία στη διατήρηση και ορθολογική χρήση των υγροβιότοπων ως οικότοπων για τα υδρόβια πτηνά. Με την πάροδο του χρόνου όμως, η Σύμβαση έχει διευρύνει το πεδίο εφαρμογής της, ούτως ώστε να καλύψει όλες τις πτυχές της διατήρησης και ορθολογικής χρήσης των υγροβιότοπων, αναγνωρίζοντας τους υγροβιότοπους σαν οικοσυστήματα τα οποία είναι πολύ σημαντικά για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας και για την ευημερία των ανθρώπινων κοινωνιών, και κατά συνέπεια εκπληρώνοντας όλο το πεδίο του κειμένου της Σύμβασης. Η σύμβαση αναπτύχθηκε και υιοθετήθηκε από τα συμμετέχοντα έθνη σε μια συνάντηση στο Ramsar, Mazandaran, του Ιράν, στις 2 Φεβρουαρίου του 1971 και τέθηκε σε ισχύ στις 21 Δεκεμβρίου 1975. Τα συμβαλλόμενα κράτη μέλη στη Σύμβαση αυτή είναι 160, ενώ ο αριθμός των περιοχών που περιλαμβάνονται στη λίστα των Υγροβιότοπων Διεθνούς Σημασίας είναι 1965 με συνολική έκταση 190,715,563 εκτάρια¹³⁷.

3.11 Σύμβαση της Βέρνης

Η Σύμβαση της Βέρνης για τη Διατήρηση της Άγριας Ζωής και του Φυσικού Περιβάλλοντος, επίσης γνωστή ως Σύμβαση της Βέρνης, είναι μια δεσμευτική διεθνής νομική πράξη στον τομέα της Διατήρησης της Φύσης. Καλύπτει τη φυσική κληρονομιά της Ευρώπης, καθώς και ορισμένων χωρών της Αφρικής. Η Σύμβαση άνοιξε για υπογραφή στις 19 Σεπτεμβρίου του 1979 και τέθηκε σε ισχύ την 1η Ιουνίου 1982. Ασχολείται ιδιαίτερα με την προστασία των φυσικών ενδιαιτημάτων και των απειλούμενων ειδών, συμπεριλαμβανομένων των αποδημητικών ειδών.

¹³⁷ Βλ. Σχετικά: - Energean Oil & Gas (Μάρτιος 2016). Έργο Ανάπτυξης των Υπεράκτιων Εγκαταστάσεων Πρίνου: Μελέτη Περιβαλλοντικών και Κοινωνικών Επιπτώσεων, Μη Τεχνική Περίληψη

- Σύμβαση για τους Υγροβιότοπους διεθνούς σημασίας (RAMSAR). Κύπρος: Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος, Τμήμα Περιβάλλοντος. Προσπελάστηκε 23/6/2016 στο www.moa.gov.cy/moa/environment/environment.nsf/All/E30B71C978D2B84DC22578B8003538F9

Τα συμβαλλόμενα μέρη αναλαμβάνουν να:

- προωθήσουν εθνικές πολιτικές για τη διατήρηση της άγριας πανίδας, χλωρίδας και των φυσικών οικοτόπων
- ενσωματώσουν τη διατήρηση της άγριας χλωρίδας και πανίδας σε εθνικό προγραμματισμό, ανάπτυξη και περιβαλλοντικές πολιτικές
- προωθήσουν εκπαίδευση και διάδοση πληροφοριών για τις ανάγκες διατήρησης των ειδών άγριας πανίδας, χλωρίδας και των φυσικών οικοτόπων τους.

Για την εφαρμογή της Σύμβασης της Βέρνης, η Ευρωπαϊκή Κοινότητα υιοθέτησε την Οδηγία 2009/147/ΕΚ για τη Διατήρηση των Άγριων Πτηνών και την Οδηγία 92/43/ΕΟΚ για τη Διατήρηση των Φυσικών Οικοτόπων και της Άγριας Πανίδας και Χλωρίδας. Μεταξύ άλλων, οι Οδηγίες αυτές επιτρέπουν την εγκαθίδρυση ενός Ευρωπαϊκού Δικτύου προστατευόμενων περιοχών (Natura 2000), για την αντιμετώπιση της συνεχούς απώλειας της βιοποικιλότητας από τις ανθρώπινες δραστηριότητες¹³⁸.

3.12 Σύμβαση για την βιολογική ποικιλομορφία (CBD)

Η Σύμβαση για τη Βιολογική Ποικιλομορφία (CBD), γνωστή ανεπίσημα ως Σύμβαση για τη Βιοποικιλότητα, είναι μια πολυμελής συνθήκη. Η Σύμβαση έχει τρεις βασικούς στόχους: τη διατήρηση της βιοποικιλότητας, τη βιώσιμη χρήση των συστατικών της και τη Δίκαιη και Ισότιμη κατανομή των οφελών που προκύπτουν από τους γενετικούς πόρους. Η Σύμβαση άνοιξε για υπογραφή στη Διάσκεψη Κορυφής της Γης στο Ρίο ντε Τζανέιρο στις 5 Ιουνίου 1992 και τέθηκε σε ισχύ στις 29 Δεκεμβρίου 1993. Η σύμβαση αναγνώρισε για πρώτη φορά στο διεθνές δίκαιο ότι η διατήρηση της βιοποικιλότητας αποτελεί «μια κοινή ανησυχία της ανθρωπότητας» και αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της διαδικασίας ανάπτυξης. Η συμφωνία καλύπτει όλα τα οικοσυστήματα, είδη και γενετικούς πόρους. Συνδέει τις παραδοσιακές προσπάθειες διατήρησης με τον οικονομικό στόχο της χρήσης βιολογικών πόρων με βιώσιμο τρόπο. Θέτει αρχές για τη δίκαιη και ισότιμη κατανομή των οφελών που προκύπτουν από τη χρήση των γενετικών πόρων, ιδίως εκείνων που προορίζονται για εμπορική χρήση.

¹³⁸ Energean Oil & Gas (Μάρτιος 2016). Έργο Ανάπτυξης των Υπεράκτιων Εγκαταστάσεων Πρίνου: Μελέτη Περιβαλλοντικών και Κοινωνικών Επιπτώσεων, Μη Τεχνική Περίληψη

Σημειώνεται ότι η σύμβαση είναι νομικά δεσμευτική. Οι χώρες που θα προσχωρήσουν σε αυτή υποχρεούνται να εφαρμόσουν τις διατάξεις της¹³⁹.

3.13 Οδηγία περί πτηνών (2009/409/ΕΚ)

Η Οδηγία περί Πτηνών (πιο επίσημα γνωστή ως Οδηγία του Συμβουλίου 2009/147/ΕΚ περί της Διατήρησης των Άγριων Πτηνών) εκδόθηκε το 2009. Αντικατέστησε την Οδηγία του Συμβουλίου 79/409/ΕΟΚ της 2ας Απριλίου 1979 περί της διατηρήσεως των αγρίων πτηνών, η οποία τροποποιήθηκε αρκετές φορές και είχε γίνει πολύ ασαφής. Αποσκοπεί στην προστασία όλων των Ευρωπαϊκών άγριων πτηνών και των ενδιαιτημάτων προστατευόμενων ειδών και συγκεκριμένα, μέσω του χαρακτηρισμού Ζωνών Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ)¹⁴⁰.

3.14 Πρότυπα λυμάτων

Τα πρότυπα λυμάτων ορίζονται στην Υπουργική Απόφαση Ε1β/221/65 περί «Διάθεσης λυμάτων». Τα πρότυπα εκπομπών και τα όρια λυμάτων που εκχέονται σε ύδατα που προορίζονται για κολύμβηση και κάθε άλλη χρήση, πλην της κατανάλωσης νερού είναι οι εξής:

- pH 6.5-8.5
- Διαλυμένο οξυγόνο 5mg/l
- Κολοβακτηρίδια 0-50/100ml
- Ελεύθερο επιπλεόντων ή καθιζανόντων στερεών ή αποθέσεων λάσπης που προέρχονται από λύματα ή βιομηχανικά απόβλητα
- Μη τοξικά, επιβλαβή, ή καυτά λύματα

¹³⁹ Βλ. Σχετικά: - Energean Oil & Gas (Μάρτιος 2016). Έργο Ανάπτυξης των Υπεράκτιων Εγκαταστάσεων Πρίνου: Μελέτη Περιβαλλοντικών και Κοινωνικών Επιπτώσεων, Μη Τεχνική Περίληψη

Κύρωση Σύμβασης για τη βιολογική ποικιλότητα (1994). Νόμος 2204/1994, στο ΦΕΚ59, Α'. Προσπελάστηκε 23/6/2016 στο ethics.duth.gr/files/rio_convention_gr.pdf

¹⁴⁰ Energean Oil & Gas (Μάρτιος 2016). Έργο Ανάπτυξης των Υπεράκτιων Εγκαταστάσεων Πρίνου: Μελέτη Περιβαλλοντικών και Κοινωνικών Επιπτώσεων, Μη Τεχνική Περίληψη

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ**

Επιπλέον, τα λύματα θα πρέπει να απολυμάνονται αποτελεσματικά πριν την απόρριψή τους στον τελικό αποδέκτη.

Τα ειδικά όρια για τη διάθεση λυμάτων στον Κόλπο Καβάλας προσδιορίζεται λεπτομερώς από τη Νομαρχία Καβάλας, σε Νομαρχιακή Απόφαση.

Πίνακας 6: Οριακές τιμές εκπομπών ρύπων

Παράμετροι	Οριακές τιμές εκπομπών
pH	6,6 – 8,5
Θερμοκρασία	35°C
Υλικό πλωτήρα	κανένα
Αιωρούμενα στερεά	70mg/l
BOD ₅	40 mg/l
COD	120 mg/l
Λίπη και έλαια (ζωικά-φυτικά)	20 mg/l
Ορυκτέλαια - υδρογονάνθρακες	10 mg/l
Αλουμίνιο	5 mg/l
Αρσενικό	0,5 mg/l
Βάριο	2 mg/l
Βόριο	2 mg/l
Κάδμιο	0,5 mg/l
Χρώμιο Cr ³⁺	2 mg/l
Χρώμιο Cr ⁶⁺	0,2 mg/l
σίδηρος	20 mg/l
Διαλυμένος σίδηρος	4 mg/l
Μαγγάνιο	2 mg/l
Υδράργυρος	0,01 mg/l
Νικέλιο	2 mg/l
Μόλυβδος	0,1 mg/l
Χαλκός	2 mg/l
Σελήνιο	0,1 mg/l
Κασσίτερος	10 mg/l
Ψευδάργυρος	1 mg/l
Κυανιοϋχες ενώσεις	0,5 mg/l
Χλώριο (ελεύθερο)	2 mg/l
Θειώδη	2 mg/l
Θειούχα	2 mg/l
Φθοριούχα	10 mg/l
Φώσφορος	30 mg/l
Συνολική αμμωνία	30 mg/l
Άζωτο ως N σε (NO ₃)	3 mg/l
Συνολικές Φαινόλες	0,5 mg/l
Αλδεϋδες	1 mg/l
Αρωματικοί διαλύτες	0,4 mg/l
Αζωτούχοι διαλύτες	0,2 mg/l
Χλωριούχοι διαλύτες	2 mg/l

Παράμετροι	Οριακές τιμές εκπομπών
Συνολικές τοξικές ουσίες	3 mg/l
Ολικά κολοβακτηρίδια	500 K/100ml
Περιπτωματικά κολοβακτηρίδια	100 K/100ml

Πηγή: Energean Oil & Gas (Μάρτιος 2016). *Έργο Ανάπτυξης των Υπεράκτιων Εγκαταστάσεων Πρίνου: Μελέτη Περιβαλλοντικών και Κοινωνικών Επιπτώσεων, Μη Τεχνική Περίληψη*

4. Εφαρμογή της Θεωρίας Λήψης Αποφάσεων του Bayes για τον έλεγχο Blowout

4.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια εκτίμηση για τις αποφάσεις που πρέπει να ληφθούν στο ενδεχόμενο εγκατάστασης ενός πολύ φθηνού συστήματος αποτροπεία εκρήξεων (εφεξής BOP) πρόληψης των blowout ή της εγκατάστασης ενός πολύ ακριβού τέτοιου συστήματος, προκειμένου να βρεθεί το όριο που διαχωρίζει το αν συμφέρει μια εταιρεία η μια απόφαση ή η άλλη. Η χρήση της στατιστικής θεωρίας λήψης αποφάσεων του Bayes που θα χρησιμοποιηθεί, αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο σε προβλήματα λήψης αποφάσεων. Τα επιμέρους σημεία που θα αναπτυχθούν παρακάτω βασίζονται στην πιο σύνθετη ανάλυση της αβεβαιότητας σε τεχνικά και περιβαλλοντικά προβλήματα, στην επίδραση της συνάρτησης απώλειας στη λήψη αποφάσεων που συσχετίζει την οικονομική αξία της πληροφορίας με το υπό μελέτη πρόβλημα και στην ανάλυση ευαισθησίας των σχεδιαστικών και κατασκευαστικών επιλογών σε σχέση με τα επιστημονικά και οικονομικά μοντέλα προσομοίωσης της πραγματικότητας.

4.2 Βασικές έννοιες στη Θεωρία Λήψης Αποφάσεων

Η Θεωρία Αποφάσεων ασχολείται με το πρόβλημα της λήψης των αποφάσεων, ενώ η Στατιστική Θεωρία Αποφάσεων ασχολείται με την λήψη αποφάσεων, βασισμένη στη στατιστική γνώση που προκύπτει ύστερα από δειγματοληπτική έρευνα και προσδιορίζει ορισμένες αβεβαιότητες που υπεισέρχονται σε ένα, υπό ανάλυση, πρόβλημα της λήψης αποφάσεων¹⁴¹. Αξίζει να σημειωθεί πως η Στατιστική Θεωρία Αποφάσεων κατά Bayes παίζει σημαίνοντα ρόλο, κυρίως σε ό,τι αφορά

¹⁴¹ Παλαιολόγος Ε. (2007). Ανάλυση Επικινδυνότητας. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις.

Χανιά: Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος

προβλήματα που ανακύπτουν για τους μηχανικούς, καθώς χρησιμοποιεί ταυτόχρονα τη χρήση της στατιστικής πληροφορίας και της ποιοτικής πληροφορίας για την λήψη αποφάσεων, συνδυάζοντάς τις με το οικονομικό κόστος μέσω της κατασκευής της Συνάρτησης Απώλειας (Loss Function). Σε αυτό το σημείο κρίνεται σκόπιμο να επεξηγηθεί ότι ως ποιοτική πληροφορία ορίζεται η μη αυστηρά προσδιορισμένη ποσοτική πληροφορία.

Τα βασικά στοιχεία της Θεωρίας Λήψης Αποφάσεων είναι η εκτίμηση της κατάστασης πραγματικότητας οι πιθανές αποφάσεις που θα ληφθούν και φυσικά η η Συνάρτηση Απώλειας που θα προκύψει¹⁴².

Σε αυτό το πλαίσιο χρησιμοποιείται η παράμετρος θ , η οποία επηρεάζει τη διαδικασία λήψης αποφάσεων και ορίζεται ως η κατάσταση πραγματικότητας. Ειδικότερα, το σύμβολο Θ χρησιμοποιείται για να ορίσει το σύνολο των πιθανών καταστάσεων πραγματικότητας θ_i που είναι δυνατές, ενώ θ αποκαλείται ο παραμετρικός χώρος. Οι αποφάσεις που λαμβάνονται ονομάζονται ενέργειες ή δράσεις. Συγκεκριμένες ενέργειες συμβολίζονται με a ενώ ο το σύνολο των δυνατών ενεργειών που μπορεί να ληφθούν συμβολίζεται με A ¹⁴³. Για μια συγκεκριμένη απόφαση, a , η οποία θα ληφθεί συναρτώμενη με την αντίστοιχη κατάσταση πραγματικότητας θ , η συνάρτηση απώλειας συμβολίζεται ως $L(a, \theta)$. Η Συνάρτηση απώλειας $L(a_i, \theta_i)$ ορίζεται για όλα τα θ_i και a_i που ανήκουν στο διάστημα $\Theta \times A$. Ο όρος «απώλεια», είναι συμβατικός και χρησιμοποιείται κυρίως στη Στατιστική¹⁴⁴.

4.3 Διαδικασία Λήψης Αποφάσεων

Η διαδικασία λήψης αποφάσεων αποτελείται από 2 βασικά στάδια: α) το στάδιο εκτίμησης της κατάστασης πραγματικότητας, όπως περιγράφηκε παραπάνω, και β) το στάδιο λήψης αποφάσεων¹⁴⁵. Για την εκτίμηση της κατάστασης της πραγματικότητας ακολουθείται η εξής διαδικασία: Αρχικά απαριθμούνται οι πιθανές καταστάσεις πραγματικότητας θ_i και έπειτα καθορίζονται οι αντίστοιχες

¹⁴² Ο. Π.

¹⁴³ Paleologos E. (2008). The Lost Value of Groundwater and its Influence on Environmental Decision Making. USA: Journal of Risk Analysis, τχ 28

¹⁴⁴ Παλαιολόγος Ε. (2007). Ανάλυση Επικινδυνότητας. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις. Χανιά: Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος

¹⁴⁵ Rice J.A. (2006). Mathematical Statistics and Data Analysis. Belmont, USA: Thomson Higher Education

προγενέστερες πιθανότητες για οποιαδήποτε πληροφορία υπάρχει για τις θ_i . Εφόσον είναι υπαρκτές είναι δυνατόν να καθορίσουμε τις δειγματοληπτικές πιθανότητες $P(Z_M|\theta_i)$, οι οποίες αντιπροσωπεύουν οποιαδήποτε γνώση υπάρχει σχετικά με το μηχανισμό των μετρήσεων, ο οποίος παράγει τις μετρήσεις Z_M . Το τέλος της διαδικασίας γίνεται με την εφαρμογή του νόμου του Bayes για την εκτίμηση της μεταγενέστερης πιθανότητας $P(Z_M|\theta_i, I)$. Η εκτίμηση της κατάστασης πραγματικότητας μπορεί να γίνει και με την κατασκευή της υποκειμενικής προγενέστερης πληροφορίας της θ , η οποία συμβολίζεται ως $\pi(\theta)$ ¹⁴⁶.

4.4 Θεώρημα Bayes

Η πιθανότητα επαλήθευσης μιας αρχικής παραδοχής M για ένα γεγονός δεδομένου ότι έχουμε μια νέα πληροφορία L για το γεγονός αυτό [$P(M|L)$], δίνεται από το λόγο (ratio) της άνευ συνθήκης (unconditional) πιθανότητας του να ισχύουν ταυτόχρονα η παραδοχή M και η πληροφορία L [$P(M \cap L)$], διά της άνευ συνθήκης πιθανότητας μόνον της πληροφορίας [$P(M)$]. Η παραπάνω περιγραφή του θεωρήματος Bayes δίνεται σε μορφή εξίσωσης ως εξής:

$$P(M | L) = \frac{P(M \cap L)}{P(M)} \quad (1)$$

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να σημειωθεί ότι η ανάγκη να χρησιμοποιηθεί και να αποδοθεί (ποσοτικά) η ποιοτική προγενέστερη της δειγματοληψίας πληροφορία δεν είναι αφηρημένη. Ωστόσο, κάθε μηχανικός θα πρέπει να γνωρίζει τον κίνδυνο να στηριχθούν οι τεχνικές μελέτες αποκλειστικά και μόνο στις δειγματοληπτικές μετρήσεις πεδίου. Στις περιβαλλοντικές μελέτες οι μετρήσεις είναι συνήθως ελάχιστες σε σχέση με τις ανάγκες προσδιορισμού των πολλαπλών παραγόντων που επιδρούν στην απόδοση ενός τεχνικού έργου¹⁴⁷.

Επομένως, καθίσταται σαφές πως η αξιοπιστία των μετρήσεων είναι πολλές φορές αμφίβολη. Οι μετρήσεις δεν αποκαλύπτουν στοιχεία μόνο του υπό εξέταση φυσικού φαινομένου, αλλά και του

¹⁴⁶ Βλ. Σχετικά: - Παλαιολόγος Ε. (2007). Ανάλυση Επικινδυνότητας. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις. Χανιά: Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος

- Rice J.A. (2006). Mathematical Statistics and Data Analysis. Belmont, USA: Thomson Higher Education

¹⁴⁷ Παλαιολόγος Ε. (2007). Ανάλυση Επικινδυνότητας. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις. Χανιά: Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος

τρόπου της τεχνικής που χρησιμοποιήθηκε για τη λήψη και ανάλυση των δειγμάτων. Για αυτό και η πιθανότητα δεν αποτελεί κάποια ιδιότητα που απορρέει από ένα φυσικό φαινόμενο, η οποία μπορεί να αποκαλυφθεί μετά την επανάληψη πολλαπλών πειραμάτων, άλλα ένα «μέτρο» εμπάθυνσης της γνώσης μας για το φαινόμενο. Ως εκ τούτου, οι έννοιες υποκειμενική, προγενέστερη και μεταγενέστερη πιθανότητα αποτελούν διαφορετικά στάδια στη γνώση ενός φαινομένου, η οποία μπορεί να περιέχει μετρήσεις ή όχι, και η οποία δύναται να μεταβληθεί μετά την πρόσληψη καινούριας πληροφορίας¹⁴⁸.

4.5 Η Στατιστική Θεωρία Λήψης Αποφάσεων Κατά Bayes

Τα μοντέλα λήψης αποφάσεων εμπεριέχουν πληροφορία (γνώση), σε διάφορες μορφές, μέρος της οποίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί από αυτά για την πραγματοποίηση της λήψης, ή όχι, μιας απόφασης. Ένα μοντέλο λήψης αποφάσεων συνδυάζει την πληροφορία μέσα από στατιστική γνώση και το κατάλληλο σύστημα παραγωγής συμπεράσματος ώστε μέσα από μια διαδικασία που είναι βασισμένη σε συναρτήσεις απώλειας (Loss function), χρησιμότητας (Utility function) ή προτίμησης (preference) να σκιαγραφήσει κάθε εναλλακτική απόφαση και να τη συγκρίνει με τις υπόλοιπες. Η διαδικασία αυτή ορίζεται ως «Στατιστική Θεωρία Λήψης Αποφάσεων κατά Bayes». Υπό το πρίσμα της συγκεκριμένης προσέγγισης, ως βέλτιστη απόφαση είναι αυτή που μεγιστοποιεί την αναμενόμενη χρησιμότητα ή, αντίστοιχα, ελαχιστοποιεί την αναμενόμενη απώλεια¹⁴⁹.

4.6 Η Διαδικασία Λήψης Αποφάσεων κατά Bayes

Η διαμόρφωση της δομής του μοντέλου λήψης απόφασης, για την επιλογή της βέλτιστης απόφασης, λαμβάνοντας υπόψη την αβεβαιότητα περιλαμβάνει:

1. Τον ορισμό του προβλήματος λήψης αποφάσεων και τον καθορισμό του χώρου των εναλλακτικών λύσεων ή ενεργειών $A_i \in A$ και των πιθανών καταστάσεων πραγματικότητας κάθε επιλογής $\theta_i \in \Theta$.
2. Δημιουργία κατάλληλων συναρτήσεων απώλειας (ή αντίστοιχα συναρτήσεων χρησιμότητας), $L(A, \Theta)$, για την εκτίμηση των συνεπειών κάθε εναλλακτικής για όλα τα A_i και θ_i που ανήκουν στο διάστημα $\Theta \times A$.

¹⁴⁸ Παλαιολόγος Ε. (2007). Ανάλυση Επικινδυνότητας. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις.
Χανιά: Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος

¹⁴⁹ Βαρουχάκης Εμμ. (2014). Πιθανοτική Προσέγγιση Υδρολογικών Μεταβλητών.
Προπτυχιακές Σημειώσεις. Χανιά: Πολυτεχνείο Κρήτης, Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος

3. Ανάπτυξη κατανομών πυκνότητας πιθανότητας, ως προγενέστερη πληροφορία, κάνοντας χρήση της εμπειριεχόμενης γνώσης ή πληροφορίας.

4. Συνδυασμό της προγενέστερης πληροφορίας και της συνάρτησης απώλειας μέσα από τη συνάρτηση επικινδυνότητας του Bayes για τη λήψη της βέλτιστης απόφασης.

Το θεώρημα του Bayes χρησιμοποιείται για να «ανανεώσει» τις προγενέστερες πιθανότητες μετά την καινούρια πληροφορία (τη δειγματοληψία)¹⁵⁰.

4.7 Το πρόβλημα ελέγχου αποτροπής Blowout υπό το πρίσμα της Διαδικασίας Λήψης Αποφάσεων κατά Bayes

Εξετάζουμε το ενδεχόμενο εγκατάστασης ενός πολύ φθηνού συστήματος (BOP) αποφυγής blowout ή την εγκατάσταση ενός πολύ ακριβού τέτοιου συστήματος. Η περιοχή μελέτης πραγματοποιείται σε παγκόσμιο επίπεδο. Το ενδεχόμενο να συμβεί blowout σχετίζεται άμεσα με τον αριθμό blowout που έχουν συμβεί κατά προηγούμενα έτη, κατά τη διάρκεια της διαδικασίας παραγωγής όπως αποτυπώνεται στη βάση δεδομένων της Sintef, από την οποία αντλούμε στοιχεία.

Χρησιμοποιώντας τα παραπάνω δεδομένα, τα οποία έχουν καταγραφεί από το 1980 έως και το 2005 διαμορφώνεται το εξής πρόβλημα λήψης αποφάσεων: Να τοποθετούνται πολύ ακριβά BOPs για την ενίσχυση της εξάλειψης εμφάνισης τέτοιου φαινομένου ή πολύ φθηνά, ήτοι από ποια τιμή και πέρα ή κάτω συμφέρει μια εταιρεία να αγοράσει ένα BOP.

Ως εκ τούτου, εφαρμόζουμε ένα στοχαστικό μοντέλο που μπορεί να βασίζεται στην προγενέστερη πληροφορία που ανακτάται από την κατανομή των blowout που συνέβησαν. Ορίζεται η τυχαία μεταβλητή Y που υποδηλώνει τον αριθμό των γεγονότων blowout σε σύνολο N κοιτασμάτων και εξετάζεται το ενδεχόμενο να συμφέρει περισσότερο, από πλευράς κόστους η αγορά πολύ ακριβών συστημάτων πρόληψης blowout σε σχέση με πολύ φθηνά.

Συνοπτικά στο πεδίο της ανάλυσης που θα ακολουθηθεί, οι αποφάσεις που μπορούν να λάβουν οι διαχειριστές μιας πολύ φθηνής ή ακριβής εγκατάστασης ενός συστήματος BOP είναι οι εξής:

¹⁵⁰ Βλ. Σχετικά: - Παλαιολόγος Ε. (2007). Ανάλυση Επικινδυνότητας. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις. Χανιά: Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος
- Παναγιωτακόπουλος Δ. Χ. (2005). Συστημική Μεθοδολογία και Τεχνική Οικονομική. Θεσσαλονίκη: Ζυγός

Απόφαση $A(0)$: Να εγκατασταθεί ένα φθινό σύστημα BOP αποφυγής blowout

Απόφαση $A(1)$: Να εγκατασταθεί ένα πολύ ακριβό σύστημα BOP.

5. Μαθηματική Ανάλυση για γεγονότα blowout

Οι διαχειριστές της εγκατάστασης μιας πλαφόρμας εξόρυξης υδρογονανθράκων όπως αναφέρεται και πιο πάνω, καλούνται να αποφασίσουν μεταξύ δύο επιλογών. Η τυχαία μεταβλητή Y σημαίνει: Y γεγονότα σε ένα συνολικό αριθμό πλωτών κατασκευών, όπου με τον όρο «γεγονός» εννοείται η εμφάνιση blowout και περιγράφεται μαθηματικά από την κατανομή Γάμμα¹⁵¹.

5.1 Κατανομή Poisson

Η κατανομή Poisson είναι μια διακριτή συνάρτηση κατανομής τυχαίας μεταβλητής που περιγράφει τον αριθμό εμφανίσεων ενός γεγονότος σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Η κατανομή Poisson έχει ως παράμετρο λ που δηλώνει τη μέση τιμή αριθμού εμφανίσεων ενός γεγονότος, οι οποίες είναι ανεξάρτητες της τελευταίας χρονικής στιγμής εμφάνισης του γεγονότος. Με Y συμβολίζουμε τον αριθμό των ενδεχομένων γεγονότων που πραγματοποιούνται στη μονάδα του χρόνου. Η συνάρτηση μάζας πιθανότητας της κατανομής Poisson είναι η παρακάτω¹⁵²:

$$P_{\lambda}(x = Y) = \frac{\lambda^Y}{Y!} e^{-\lambda}, Y = 0, 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

Η αναμενόμενη τιμή και η διασπορά της κατανομής Poisson δίνονται από την εξής σχέση:

$$E[Y] = Var[Y] = \lambda = n\theta \quad (2)$$

¹⁵¹ Παλαιολόγος Ε. (2007). Ανάλυση Επικινδυνότητας. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις.

Χανιά: Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος

¹⁵² Βλ. Σχετικά: - Ο. Π.

- Κοκολάκης Γ., Σπηλιώτης Ι. (2002). Εισαγωγή στις Πιθανότητες. Αθήνα: Συμεών

Όπου,

n = η συνολική περίοδος για την οποία υπάρχουν στατιστικά δεδομένα

θ = η πιθανότητα να συμβεί blowout

Παρατήρηση:

Στην περίπτωση του Bayes η πιθανότητα είναι άγνωστη παράμετρος και πρέπει να εκτιμηθεί σύμφωνα με την κατανομή που ακολουθεί η προγενέστερη κατανομή που είναι συζυγής της Κατανομής Poisson¹⁵³.

5.2 Διαμόρφωση της συνάρτησης απώλειας

Η συνάρτηση απώλειας εκφράζει το κόστος της κάθε απόφασης σε ένα πρόβλημα λήψης αποφάσεων. Η συνάρτηση απώλειας μπορεί να είναι είτε γραμμική, είτε παραβολική ή και να μεταβάλλεται κλιμακωτά με τον αριθμό των γεγονότων. Σε πρώτη φάση εξετάζουμε τη συνάρτηση απώλειας για την αγορά ενός πολύ ακριβού συστήματος BOP, η οποία ισούται με K \$. Στην περίπτωση της γραμμικής Συνάρτησης απώλειας, το κόστος είναι ανάλογο των γεγονότων των blowout και ισούται με $\Lambda + BY$, όπου Λ \$ είναι το κόστος ενός πολύ φθηνού BOP, ενώ το B \$ το κόστος αποκατάστασης ατυχήματος στην πλωτή κατασκευή. Οι συναρτήσεις των απωλειών για κάθε απόφαση παρουσιάζονται στην ακόλουθη εξίσωση¹⁵⁴.

$$L(A, Y) = \begin{cases} \Lambda + BY, & A = A(0) \\ K, & A = A(1) \end{cases} \quad (3)$$

Η μεταβλητή Y είναι σε αυτή την περίπτωση μια τυχαία μεταβλητή και εκφράζει το σύνολο κοιτασμάτων σε διαδικασία παραγωγής όπου είχαμε ένα blowout, σε μια περίοδο N για κοιτάσματα

¹⁵³ Παλαιολόγος Ε. (2007). Ανάλυση Επικινδυνότητας. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις.

Χανιά: Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος

¹⁵⁴ Ο. Π.

που βρίσκονται σε διαδικασία παραγωγής. Αν η πιθανότητα να συμβεί blowout σε ένα κοίτασμα j με $j=1,2,\dots,N$ περιγράφεται από την τυχαία μεταβλητή $X(j)$ και είναι θ ($X(j)=1$ με $P(X(j)=\theta)$), η πιθανότητα αντίστοιχα να μη συμβεί blowout είναι $1-\theta$, ($X(j)=0$ με $P(X(j)=0)=1-\theta$). Το X είναι μια τυχαία μεταβλητή. Για το συνολικό αριθμό ατυχημάτων Y ισχύει:

$$Y = \sum_{j=1}^N X(j) = 1$$

Η μεταβλητή Y δηλώνει Y blowout σε N συνολικά έτη και περιγράφεται από την κατανομή Γάμμα.

Με την απαρίθμηση των αποφάσεων $A(0)$ και $A(1)$ και το σχηματισμό των αντίστοιχων συναρτήσεων απώλειας, ολοκληρώνονται τα δύο πρώτα στάδια για τη διαδικασία της λήψης αποφάσεων. Στη συνέχεια λαμβάνει χώρα περαιτέρω ανάλυση ώστε να ληφθεί ως βέλτιστη απόφαση, αυτή για την οποία να ελαχιστοποιείται η αναμενόμενη απώλεια. Η συνάρτηση επικινδυνότητας ή επιδίωξης και η επικινδυνότητα κατά Bayes θα αναπτυχθούν¹⁵⁵.

5.3 Συνάρτηση επιδίωξης

Η αναμενόμενη τιμή της συνάρτησης απώλειας, σε σχέση με την τυχαία μεταβλητή Y , αναφέρεται στην κλασική θεωρία λήψης αποφάσεων ως Συνάρτηση επικινδυνότητας (Risk Function) ή Συνάρτηση επιδίωξης (Goal Function).

Για την απόφαση $A(0)$ η συνάρτηση επιδίωξης $G(A(0),\theta)$ δίνεται από τη σχέση:

$$G(A(0),\theta) = E[L(A(0),Y)] = E[\Lambda + BY] = \Lambda + BE[Y] = \Lambda + BN\theta \quad (4)$$

Για την απόφαση $A(1)$ η συνάρτηση επιδίωξης $G(A(1),\theta)$ δίνεται από τη σχέση:

$$G(A(1),\theta) = E[L(A(1),Y)] = E[K] = K \quad (5)$$

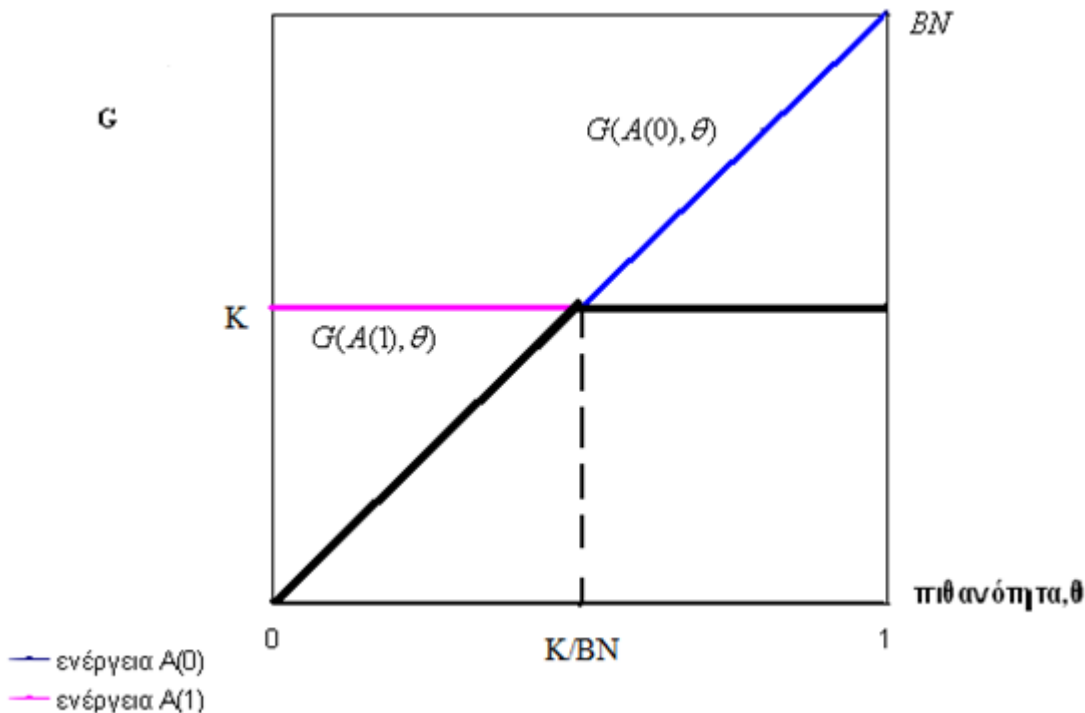
Οι εξισώσεις (4) και (5) εκφράζουν τι απώλεια υπάρχει, κατά μέσο όρο, εάν ληφθούν οι αποφάσεις $A(0)$ ή $A(1)$ αντίστοιχα.

¹⁵⁵ Βλ. Σχετικά: - Ο. Π.

- Παναγιωτακόπουλος Δ. Χ. (2005) Συστημική Μεθοδολογία και Τεχνική Οικονομική. Θεσσαλονίκη: Ζυγός

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Η κλασική ανάλυση κόστους-οφέλους υπολογίζει ποια απόφαση ελαχιστοποιεί τη συνάρτηση απώλειας. Αυτό μπορεί να προκύψει εύκολα με τη γραφική απεικόνιση των δυο εκφράσεων $G(A(0), \theta)$ και $G(A(1), \theta)$. Η έκφραση της συνάρτησης επιδίωξης για την απόφαση-ενέργεια $A(0)$ αναπαρίσταται στο δεξιό κατακόρυφο άξονα, ενώ η αντίστοιχη για την $A(1)$ στον αριστερό άξονα. Ο οριζόντιος άξονας αντιπροσωπεύει την πιθανότητα θ .



Σχήμα 55: Γραφική αναπαράσταση των συναρτήσεων επιδίωξης για τις αποφάσεις $A(0)$ και $A(1)$

Από την ερμηνεία του γραφήματος, έχουμε ότι η τιμή της πιθανότητας, για την οποία είναι αδιάφορο-από άποψη κόστους- ποια από τις δύο ενέργειες θα προτιμηθεί, δίνεται από τον λόγο $\lambda = K/BN$.

- Εάν για την πιθανότητα ατυχήματος, θ ισχύει: $\theta < \lambda \Rightarrow$ Βέλτιστη ενέργεια είναι η $A(0)$

- Εάν για την πιθανότητα ατυχήματος, θ ισχύει: $\theta > \lambda \Rightarrow$ Βέλτιστη ενέργεια είναι η $A(1)$.

Αν γνωρίζουμε την άγνωστη παράμετρο θ θα μπορούσαμε εύκολα να επιλέξουμε την βέλτιστη απόφαση-ενέργεια για το συγκεκριμένο πρόβλημα λήψης αποφάσεων.

5.4. Συνάρτηση επικινδυνότητας Bayes

5.4.1 Η πιθανότητα γεγονότος *blowout* ως άγνωστη παράμετρος

Η ανάπτυξη των εξισώσεων (7) και (8) αποτελεί την ολοκλήρωση της κλασικής στατιστικής ανάλυσης κόστους-οφέλους. Η ανάλυση του Bayes αναγνωρίζει ότι η πιθανότητα θ δεν είναι γνωστή με βεβαιότητα και επομένως πρέπει να θεωρηθεί ως τυχαία μεταβλητή. Το πρόβλημα τότε συνίσταται στην εκτίμηση της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας (probability density function), της θ ¹⁵⁶.

5.4.2 Η περιγραφή της συνάρτησης πυκνότητας-πιθανότητας της προγενέστερης πληροφορίας

Συνεχίζοντας της ανάλυση προχωράμε στην κατασκευή της υποκειμενικής προγενέστερης πληροφορίας (subjective prior) της θ , η οποία συμβολίζεται ως $\pi(\theta)$. Σύμφωνα με τη θεωρία της στατιστικής και των πιθανοτήτων, ως προγενέστερη, η συζυγής κατανομή που αντιστοιχεί στην κατανομή Poisson είναι η κατανομή Γάμμα (Gamma distribution). Οι συζυγείς κατανομές πρέπει να έχουν τέτοια μορφή, ώστε όταν συνδυαστούν με την κατανομή πιθανότητας να δίνουν ως αποτέλεσμα μια νέα συνάρτηση, η οποία θα πρέπει να πληρεί τα κριτήρια των κατανομών πιθανότητας, δηλαδή να είναι θετική. Η κατανομή Γάμμα έχει 2 παραμέτρους, a και p , οι οποίες της επιτρέπουν να λάβει πολύ διαφορετικές μορφές και την καθιστούν πολύ ευέλικτη στην προσομοίωση διαφορετικών δεδομένων. Η μαθηματική έκφραση της κατανομής γάμμα είναι¹⁵⁷:

¹⁵⁶ Ο. Π.

¹⁵⁷ Βλ. Σχετικά: - Κοκολάκης Γ., Σπηλιώτης Ι. (2002). Εισαγωγή στις Πιθανότητες.
Αθήνα: Συμεών

- Παλαιολόγος Ε. (2007). Ανάλυση Επικινδυνότητας. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις.
Χανιά: Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος

$$G(a, p; \theta) = \frac{a^p}{\Gamma(p)} \theta^{p-1} e^{-a\theta}, \theta \geq 0 \quad (6)$$

Η μέση τιμή και η διασπορά της δίνονται ως εξής:

$$m_\theta = \frac{p}{a}$$
$$\sigma^2_\theta = \frac{p}{a^2} \quad (7)$$

5.4.3 Υπολογισμός της Συνάρτησης Επικινδυνότητας του Bayes για το ενδεχόμενο να προκύψει *blowout*

Η επικινδυνότητα του Bayes (Bayes Risk), R , ορίζεται ως η αναμενόμενη τιμή της συνάρτησης επικινδυνότητας ως προς την άγνωστη παράμετρο θ .

$$R(A(i)) = E^\pi [G(A(i), \theta)] = \int_0^1 G(A(i), \theta) \pi(\theta) d\theta \quad (8)$$

Η έκφραση $E^\pi [G(A(i), \theta)]$ συμβολίζει την αναμενόμενη τιμή της συνάρτησης επικινδυνότητας, και το σύμβολο π δε συμβολίζει κάποιον εκθέτη, αλλά υποδεικνύει ότι η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας η οποία πρέπει να χρησιμοποιηθεί είναι η προγενέστερη κατανομή $\pi(\theta)$.

Η συνάρτηση επικινδυνότητας που προκύπτει για την $A(i)$ είναι:

$$R(A(i)) = E^\pi [G(A(i), \theta)] \quad (9)$$

Η συνάρτηση επικινδυνότητας που προκύπτει για την $A(0)$ είναι:

$$R(A(0)) = \int_{\Theta} G(A(0), \theta) \pi(\theta) d\theta \quad (10)$$

Η συνάρτηση επικινδυνότητας που προκύπτει για την $A(1)$ είναι:

$$R(A(1)) = E^\pi [K] = K \quad (11)$$

Η βέλτιστη απόφαση του Bayes (optimal Bayes decision) λαμβάνεται για την ενέργεια, η οποία ελαχιστοποιεί τη συνάρτηση επικινδυνότητας του Bayes

Το ουδέτερο σημείο, όπου δεν υπάρχει προτίμηση μεταξύ των ενεργειών $A(0)$ και $A(1)$ είναι το σημείο όπου ισχύει¹⁵⁸:

$$R(A(1)) = R(A(0)) \quad (12)$$

Όταν ισχύει :

$$K > \int_0^1 (\Lambda + BN\theta) \frac{a^p}{\Gamma(p)} \theta^{p-1} e^{-a\theta} d\theta \quad (13)$$

η απόφαση $A(0)$ είναι η βέλτιστη, διαφορετικά ως βέλτιστη απόφαση λαμβάνεται η $A(1)$.

6. Υπολογισμός των παραμέτρων της προγενέστερης κατανομής για ενδεχόμενο γεγονός *blowout*

¹⁵⁸ Παλαιολόγος Ε. (2007). Ανάλυση Επικινδυνότητας. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις.
Χανιά: Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος

Η προσέγγιση της κατανομής για τα δεδομένα blowout χρησιμοποιείται με βάση τα δεδομένα του παρακάτω πίνακα, ο οποίος σχετική έκθεση αξιολόγησης κινδύνου της Διεθνούς Ένωσης Παραγωγών Πετρελαίου και Φυσικού αερίου (International Association of Oil and Gas Producers), η οποία επικαλείται στατιστικά δεδομένα της Sintef. Εν προκειμένω, η βάση δεδομένων (Table 4.1 Numbers of Wells and Incidents in SINTEF Offshore Blowout Database) της Sintef, καταγράφει 10 περιστατικά blowout κατά τη διάρκεια 25 ετών (1^η Ιανουαρίου 1980-1^η Ιανουαρίου 2005). Η καταγραφή πραγματοποιείται στις περιοχές του Κόλπου του Μεξικό, της Μεγάλης Βρετανίας και της Νορβηγίας. Αξίζει να σημειωθεί ότι αυτά τα 10 περιστατικά εμφανίζονται κατά τη διάρκεια της παραγωγής στα αντίστοιχα κοιτάσματα εξόρυξης πετρελαίου και φυσικού αερίου, καθώς σε μια τέτοια περίπτωση (διαδικασία παραγωγής) έχει νόημα η πρόληψη ατυχήματος, λόγω της τοποθέτησης Blowout Preventer¹⁵⁹.

6.1 Εφαρμογή της παραμετρικής ανάλυσης του μοντέλου Bayes στις περιοχές του Κόλπου του Μεξικό, της Μεγάλης Βρετανίας και της Νορβηγίας

Με την ανάπτυξη της ανισότητας (13), μπορούμε να αξιοποιήσουμε τα δεδομένα από τη χρήση της προγενέστερης πληροφορίας για blowout κατά τη διαδικασία της παραγωγής, όπως αποτυπώνονται στη βάση δεδομένων της Sintef, η οποία αναφέρεται στις περιοχές του Κόλπου του Μεξικό, της Μεγάλης Βρετανίας και της Νορβηγίας.

Επομένως, αντικαθιστούμε στη σχέση (13) όπου $N=25$, $p=1$ και $\alpha=2.5$, καθώς βάσει των δεδομένων συμβαίνει 1 blowout ανά 2,5 χρόνια και η εξεταζόμενη περίοδος φτάνει τα 25.

Αναφορικά με τα αρχικά κόστη Λ (φθινό σύστημα BOP) και K (ακριβό σύστημα BOP), μετά από έρευνα αγοράς, καταλήγουμε στο ότι $\Lambda=1,000,000$ \$ και $K=10,000,000$ \$ αποτελούν ικανοποιητικές τιμές. Με χρήση Matlab και αφού έχουμε πραγματοποιήσει όλες τις απαραίτητες αντικαταστάσεις

¹⁵⁹International Association of Oil & Gas Producers (Μάρτιος 2010). Blowout Frequencies. Report No: 434. Προσπελάστηκε 10/110/2016 στο <http://www.ogp.org.uk/pubs/434-02.pdf>

προκύπτει $B=1,274,316$ \$. Ως εκ τούτου, καθίσταται σαφές ότι η οριακή τιμή για την οποία συμφέρει μια εταιρεία να αγοράσει ένα «φθηνό» σύστημα BOP, δηλαδή η απόφαση $A(0)$, είναι η παραπάνω. Αν όμως συγκριθεί με την τιμή ($5,000,000$ \$) για την οποία ένα ατύχημα σε πλατφόρμα εξόρυξης πετρελαίου θεωρείται σοβαρό, τότε συμφέρει η αγορά του ακριβού, ήτοι η απόφαση $A(1)$.

6.2 Ανάλυση Ευαισθησίας

Εξαιτίας του γεγονότος ότι τα στατιστικά δεδομένα δε μας παρέχουν κάποια συγκεκριμένη πληροφορία για το μέγεθος αυτόν των 10 blowout και εκτιμώντας ότι δεν είναι τόσο «συχνή» η εμφάνιση ενός σημαντικού γεγονότος, προχωρούμε σε ανάλυση ευαισθησίας, κρατώντας όλα τα μεγέθη σταθερά εκτός της παραμέτρου p . Με χρήση Matlab, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Πίνακας 7: Αποτελέσματα ανάλυσης ευαισθησίας με αλλαγή στη συχνότητα ατυχήματος

α	p	N	K (\$)	L (\$)	B (\$)	B_{severe} (\$)
2.5	1	25	10,000,000	1,000,000	1,274,316	5,000,000
5	1	25	10,000,000	1,000,000	1,877,229	5,000,000
10	1	25	10,000,000	1,000,000	3,601,796	5,000,000
15	1	25	10,000,000	1,000,000	5,399,996	5,000,000

Όπως φαίνεται, στην περίπτωση 1 περιστατικού blowout ανά 5 χρόνια, η οριακή τιμή του B αυξάνεται στα $1,877,229$ \$ και στην περίπτωση 1 περιστατικού ανά 10 χρόνια, $B=3,601,796$ \$. Για τιμές κόστους αποκατάστασης των ζημιών από ένα ατύχημα σε πλατφόρμα, συμφέρει η αγορά φθηνού συστήματος BOP, ήτοι η απόφαση $A(0)$. Διαφορετικά επιλέγεται η $A(1)$. Και πάλι όμως οι δύο τιμές είναι μικρότερες της τιμής των $5,000,000$ \$, βάσει του προαναφερθέντος ορισμού της Κομισιόν. Ωστόσο, τα πράγματα αλλάζουν, όταν έχουμε 1 περιστατικό ανά 15 έτη, καθώς σε αυτήν την περίπτωση το κόστος αποκατάστασης της πλατφόρμας είναι μεγαλύτερο της τιμής που εμπεριέχει ορισμός. Σε αυτήν

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

την περίπτωση φαίνεται πιο συμφέρουσα η απόφαση A(0) για $B < 5,339,996\$$. Επομένως, για τέτοια συχνότητα συμβάντος συμφέρει η αγορά ενός φθηνού BOP.

Ακολουθώντας, δοκιμάζουμε διαφορετικές τιμές για το Λ , λαμβάνοντας τιμές μικρότερες του 1,000,000 δολαρίων, ενώ τα υπόλοιπα μεγέθη παραμένουν σταθερά. Με χρήση Matlab, προκύπτει ο εξής πίνακας:

Πίνακας 8: Αποτελέσματα ανάλυσης ευαισθησίας με αλλαγή στο χαμηλό κόστος Λ

α	p	N	K (\$)	Λ (\$)	B (\$)	B_{severe} (\$)
2.5	1	25	10,000,000	600,000	1,325,826	5,000,000
2.5	1	25	10,000,000	800,000	1,300,068	5,000,000

Παρατηρούμε πως όσο αυξάνουμε το εύρος της διαφοράς, μειώνοντας το κόστος του φθηνού BOP, αυξάνεται η συμφέρουσα οριακή τιμή του B , όπως ήταν αναμενόμενο. Εδώ, για τιμές του κόστους αποκατάστασης πλατφόρμας κάτω από 1,325,826 \$ και 1,300,068 \$ αντίστοιχα συμφέρει η αγορά φθηνού BOP, ενώ για μεγαλύτερες η αγορά ενός ακριβού. Και σε αυτήν την περίπτωση τα προκύπτοντα κόστη είναι μικρότερα των 5,000,000 δολαρίων.

Εξετάζοντας επόμενο σενάριο, δοκιμάζουμε διάφορες τιμές για το K (κόστος ακριβού BOP), οπότε προκύπτει ο κάτωθι πίνακας:

Πίνακας 8: Αποτελέσματα ανάλυσης ευαισθησίας με αλλαγή στο υψηλό κόστος K

α	p	N	K (\$)	Λ (\$)	B (\$)	B_{severe} (\$)
2.5	1	25	8,000,000	1,000,000	993,700	5,000,000

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

2.5	1	25	9,000,000	1,000,000	1,134,000	5,000,000
2.5	1	25	11,000,000	1,000,000	1,414,600	5,000,000
2.5	1	25	12,000,000	1,000,000	1,555,000	5,000,000

Όπως προκύπτει, μειώνοντας το κόστος του ακριβού BOP, μειώνεται και η οριακή τιμή του B, ενώ όταν αυξάνεται το K, αυξάνεται και το B. Όλα τα κόστη που προκύπτουν είναι μικρότερα των 5,000,000 ευρώ, κάτι το οποίο δείχνει πως υπάρχουν χαμηλές τιμές κόστους αποκατάστασης ενδοχόμενου ατυχήματος, για τις οποίες θα συνέφερε να αγοραστεί το φθηνό BOP. Αξίζει να σημειωθεί ότι μόνο για $K=8,000,000$ \$, συμφέρει πάντα η απόφαση A(0), ήτοι η απόκτηση ενός πολύ φθηνού συστήματος BOP, αν και το B που προκύπτει δε βρίσκεται εντός του εύρους τιμών των K και Λ, τις οποίες έχουμε λάβει.

Από εκεί και πέρα, δεδομένης της αυστηροποίησης των κανόνων ασφαλείας για την πρόληψη παντός είδους ατυχημάτων, σύμφωνα με δημοσίευμα του Bloomberg, το επιπλέον κόστος για την υπεράκτια βιομηχανία των ΗΠΑ θα αυξηθεί κατά 890 εκατομμύρια δολάρια την επόμενη δεκαετία, συμπεριλαμβανομένης της βελτίωσης συστημάτων BOP¹⁶⁰. Επίσης, βάσει του ιστότοπου “Market and Market”, η «υποθαλάσσια αγορά των Blowout Preventers’ αναμένεται να αυξηθεί στα 5,8 δις. Δολάρια μέχρι το 2019¹⁶¹.

Ακόμη, σύμφωνα με άλλο άρθρο του Bloomberg, κάποιες εταιρείες εξόρυξης πετρελαίου και υδρογονανθράκων έχουν ξεκινήσει να αγοράζουν 2 συστήματα BOPs’, προκειμένου να αποφύγουν την καθυστέρηση λόγω συστήρησης του συστήματος, κάτι το οποίο προκαλεί ένα ημερήσιο κόστος

¹⁶⁰ Dlouhy J. (April 2016). Tighter Monitoring Part of \$890 Million Offshore Drill Rules. Προσπελάστηκε 3/11/2016 στο www.bloomberg.com/news/articles/2016-04-14/obama-orders-electronic-monitoring-of-offshore-wells-from-land

¹⁶¹ Subsea Well Access and BOP System Market by Type [Well Access System Type (Riserbased WAS and Riserless WAS) and BOP Type (Annular BOP and RAM Type BOP)] and Geography - Global Trends & Forecasts to 2019. (April 2014). Προσπελάστηκε 3/11/2016 στο www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/subsea-well-access-bop-system-market-231420747.html

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

της τάξης των 600,000 δολαρίων κάθε ημέρα. Μάλιστα, στο συγκεκριμένο άρθρο γίνεται λόγος για κόστος ενός συστήματος Blowout Preventer της τάξης των 45 εκατομμυρίων δολαρίων¹⁶².

Για όλους τους παραπάνω λόγους δοκιμάσαμε ακραίες τιμές για τα Κ και Λ, διατηρώντας όλες τις υπόλοιπες παραμέτρους σταθερές. Με υπολογισμούς στο Matlab προέκυψαν:

Πίνακας 9: Αποτελέσματα ανάλυσης ευαισθησίας με ακραίες τιμές κόστους

a	p	N	K (\$)	Λ (\$)	B (\$)	B _{severe} (\$)	B _{major} (\$)
2.5	1	25	45,000,000	5,000,000	5,670,028	5,000,000	50,000,000

Πίνακας 10: Αποτελέσματα ανάλυσης ευαισθησίας με ακραίες τιμές κόστους

a	p	N	K (\$)	Λ (\$)	B (\$)	B _{severe} (\$)	B _{major} (\$)
2.5	1	25	90,000,000	10,000,000	11,339,983	5,000,000	50,000,000

Στην πρώτη περίπτωση το κόστος αποκατάστασης προκύπτει μεγαλύτερο των 5,000,000 \$, όπως προβλέπει ο ορισμός σοβαρού ατυχήματος της Κομισιόν, ενώ στη δεύτερη το οριακό κόστος είναι υπερδιπλάσιου εκείνου που προβλέπει η Κομισιόν. Επομένως, σε αυτές τις περιπτώσεις συμφέρει η περισσότερη του φθηνού ΒΟΡ. Ωστόσο, αν η σύγκριση πραγματοποιηθεί με το μέσο κόστος μεγάλου

¹⁶² Dlouhy J. (April 2016). Overhaul Ordered for Blowout Devices Made Famous in BP Spill. Προσπελάστηκε 3/11/2016 στο www.bloomberg.com/news/articles/2016-04-14/blowout-preventers-made-famous-in-bp-spill-to-get-an-overhaul

ατυχήματος (major accident), το οποίο, σύμφωνα με την Κομισιόν φτάνει τα 50,000,000 \$ τότε, σίγουρα συμφέρει η αγορά ενός πολύ ακριβού συστήματος BOP¹⁶³.

Γ. Συμπεράσματα

Το βασικό συμπέρασμα που προκύπτει από την ανάλυση επικινδυνότητας είναι ότι η επιλογή για μια απόφαση ή ενέργεια που εκτιμάται ως «χαμηλού κόστους» ή «υψηλού κόστους», αρχικά, δεν συνεπάγεται ότι είναι η βέλτιστη επιλογή σε ένα πρόβλημα λήψης αποφάσεων. Και αυτό γιατί η γνώση της πληροφορίας, που προκύπτει από προγενέστερες αντίστοιχες περιπτώσεις ή δειγματοληψία για χρήση δεδομένων, επηρεάζει την ποιοτική πληροφορία που εφαρμόζεται για την «ποσοτικοποίηση» της αβεβαιότητας.

Ως εκ τούτου, η ποσοτικοποίηση της αβεβαιότητας προκύπτει από το συνδυασμό της προγενέστερης πληροφορίας με αντίστοιχα στατιστικά δεδομένα. Αξίζει να σημειωθεί πως η εκάστοτε παροχή δεδομένων αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την εκτίμηση μιας κατάστασης αλλά και παράγοντα για ποια απόφαση ή ενέργεια πρέπει να επιλέξουμε. Τα αποτελέσματα της μεθόδου Bayes μπορούν να αποτελέσουν ένα εργαλείο λήψης αποφάσεων για την εγκατάσταση ενός πολύ φθηνού ή ενός πολύ ακριβού συστήματος BOP.

Στην προκειμένη περίπτωση, σε γενικές γραμμές προκύπτει ότι θα είναι πιο συμφέρουσα η επιλογή ενός πολύ ακριβού αποτροπέα εκρήξεων, καθώς σε περίπτωση σοβαρού ή μεγάλου ατυχήματος (blowout στο συγκεκριμένο υπό εξέταση πρόβλημα), το κόστος για μια εταιρεία διαμορφώνεται σε πολύ μεγάλο επίπεδο. Παρ' όλα αυτά, μια εταιρεία θα μπορούσε να προχωρήσει σε κίνηση υψηλού

¹⁶³ European Commission. (Οκτώβριος 2011). Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council. Προσπελάστηκε 8/11/2016 στο https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/ia_annexes_20122-1292.pdf

ρίσκο με το να αγοράσει ένα πιο φθινό, προσβλέποντας ότι δε θα συμβεί κάποιο σοβαρό ή μεγάλο ατύχημα. Η εκτίμηση αυτή αποτελεί μια αρκετά πολύπλοκη διαδικασία καθώς επιπλέον των επιπτώσεων στο φυσικό περιβάλλον, πρέπει να συνυπολογιστεί και το κοινωνικό κόστος, που θα επηρέαζε σε σημαντικό βαθμό την τελική απόφαση.

Η επιτυχία του μοντέλου του Bayes για την εκτίμηση του «βέλτιστου» χαρακτήρα μιας απόφασης έγκειται στο γεγονός ότι η ανάλυση του μοντέλου συνδυάζει το ενδεχόμενο κόστος που θα στοιχίσει η κάθε απόφαση (μέσω της συνάρτησης απώλειας), την ενδεχόμενη επιτυχία ή αποτυχία (χρήση της συνάρτησης επικινδυνότητας του Bayes) και την προγενέστερη υποκειμενική πιθανότητα (συλλογή πληροφοριών-δεδομένων). Η βέλτιστη απόφαση είναι αυτή που ελαχιστοποιεί την συνάρτηση επικινδυνότητας και αυτό γίνεται συναρτήσει της μορφής της συνάρτησης απώλειας αλλά και της γνώσης που προκύπτει από την προγενέστερη πληροφορία.

Δ. ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Ο πιο σημαντικός περιορισμός της παρούσας διπλωματικής εργασίας, υπήρξε η αδυναμία πρόσβασης σε κάποια πιο αναλυτική παγκόσμια βάση δεδομένων ώστε να αντληθούν περαιτέρω δεδομένα για ατυχήματα blowout. Αξίζει να αναφερθεί ότι ο μικρός αριθμός σοβαρών ατυχημάτων σε υπεράκτιες πλατφόρμες, δυσχέρανε τη συνολική προσπάθεια, αφού μπορέσαμε δε μπορέσαμε να βρούμε αναλυτικό προσδιορισμό των ατυχημάτων (σοβαρότητα κτλ.). Κατά τη γνώμη του γράφοντος, υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον στη μελέτη ατυχημάτων blowout, αν και οδηγούν σε επιλογές υψηλού ρίσκου πλέον, λόγω των σοβαρών επιπτώσεών τους.

Μετά το ατύχημα του Deepwater Horizon, τα ευρωπαϊκά πρότυπα ασφαλείας αλλά και εκείνα των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής για τις υπεράκτιες εξορύξεις έγιναν ιδιαιτέρως αυστηρά και πλέον, καμία γεώτρηση δεν εγκρίνεται, εάν δεν τηρούνται τα απαραίτητα μέτρα πρόληψης, αντιμετώπισης και οικονομικής ευθύνης. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει ζωτικό συμφέρον να προλάβει offshore ατυχήματα, καθώς η εκμετάλλευση για την παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου είναι εντατική σε αρκετά μέρη ανοιχτά των ακτών της, κάτι το οποίο έχει ξεκινήσει εντατικότερα και στην Ελλάδα. Σε κάθε περίπτωση, η προσεκτική σχεδίαση και η χρηστή υλοποίηση για την ανάπτυξη της υπεράκτιας βιομηχανίας πετρελαίου και φυσικού αερίου θα ενισχύσει την ασφάλεια τέτοιων δραστηριοτήτων.

Ε. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

1. *After Tokohu: What Next for the Energy Insurance Markets? After Macondo: What Next for Well Pollution Risks*, (2011). Προσπελάστηκε 17/10/2016 στο <http://www.willis.com/naturalresources/pdf/EnergyMarketReview2011.pdf>
2. *All Fracked Up? Just How Concerned Should Energy Insurers Be About Hydraulic Fracturing?* Προσπελάστηκε 17/10/2016 στο www.willis.com/naturalresources/pdf/EnergyMarketReview2012.pdf
3. Anderson C.M., LaBelle R.P., (1990). *Estimated Occurrence Rates for Analysis of Accidental Oil Spills on the US Outer Continental Shelf*, στο Oil & Chemical Pollution τχ 6
4. Βαρουχάκης Εμμ. (2014). Πιθανοτική Προσέγγιση Υδρολογικών Μεταβλητών. Προπτυχιακές Σημειώσεις. Χανιά: Πολυτεχνείο Κρήτης, Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος
5. Βούρος Δ. (Ιούλιος 2007). *Εκτίμηση και Αποδοχή Ρίσκου, Τεύχος Α, Αποτίμηση Ρίσκου με Εφαρμογή στον Ελληνικό Θαλάσσιο Χώρο*. ΕΜΠ: Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Μελέτης Πλοίου και Θαλασσιών Μεταφορών
6. Bourgoyne A., Millheim K., Chenevert M., Young F.S. (1987). *Applied Drilling Engineering*. Texas: Society of Petroleum Engineers

7. Bill Soester, V.P. Engineering, J. Ray McDermott (2005). *Deepwater Oil and Gas Facilities*. Προσπελάστηκε 25/7/2016 στο http://www.uschinaogf.org/Forum6/6WilliamSoester_eng.pdf
8. Bisht R. S., Datta T. K. Jain A. K. (1997), *Analysis of Offshore Guyed Tower Platforms to Wind and Wave Forces*. USA: The American Society of Mechanical Engineers. Προσπελάστηκε 17/5/2016 στο <http://energyresources.asmedigitalcollection.asme.org/article.aspx?articleid=1413766>
9. Bishta R. S., A.K. Jainb. (1998). *Wind and wave induced behaviour of offshore guyed tower platforms*. Shanghai Jiaotong University: Ocean Engineering Journal, τχ 7
10. Cai B, Liu Y., Liu Z. , Tian X., Zhang Y., Liu J. (2012). *Performance Evaluation of Subsea Blowout Preventer Systems with Common-Cause Failures*, στο Journal of Petroleum Science and Engineering, τχ 90-91,
11. Cai B., Liu Y., Liu Z., Tian X., Li H. Ren C., (2012) *Reliability Analysis of Subsea Blowout Preventer Control Systems Subjected to Multiple Error Shocks*, στο Journal of Loss Prevention in the Process Industries
12. Cai B., Liu Y., Liu Z., Tian X., Dong X., Yu S. (2012). *Using Bayesian Networks in Reliability Evaluation for Subsea Blowout Preventer Control System*. Προσπελάστηκε 15/10/2016 στο <http://isiarticles.com/bundles/Article/pre/pdf/29184.pdf>
13. Cai B., Liu Y., Zhang Y., Fan Q., Liu Z., Tian X., (2013). *A dynamic Bayesian Networks Modelling of Human Factors on Offshore Blowouts*, στο Journal of Loss Prevention in the Process Industries
14. Carmichael R., Blackmore M. S., Nunan F. (2009). *Managing Geohazards on Offshore Oil and Gas Projects*, Houston, USA: Offshore Technology Conference. Προσπελάστηκε 10/6/2016 στο <https://www.onepetro.org/conference-paper/OTC-20245-MS>
15. Childers M. (1987). *Offshore Drilling Units στο Handbook of Petroleum Engineering*. Επιμ.: Howard Bradley. Texas: Society of Petroleum Engineers
16. *Commission Staff Working Document*. (Νοέμβριος 2015). Προσπελάστηκε 2/11/2016 στο <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52015SC0242>
17. *Cumulative Environmental Effects of Oil and Gas Activities on Alaska's North Slope*. (2003). Washington: National Research Council

18. Γραμματικάκη Αικ. (Δεκέμβριος 2013). *Μελέτη ατυχημάτων σύγκρουσης υπεράκτιων πλατφορμών πετρελαίου και φυσικού αερίου με πλοία, και ατυχημάτων blowout με χρήση μετα-ανάλυσης και δικτύων πίστωσης*. ΕΜΠ: Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών
19. Dai L., Ehlers S., Rausand M., and Utne I. B. (2012). *Risk of Collision between Service Vessels and Offshore Wind Turbines*, στο *Reliability Engineering and System Safety*
20. *Deepwater Horizon accident and response* (2014). BP USA: Ernst&Young. Προσπελάστηκε 11/7/2016 στο www.bp.com/en_us/bp-us/commitment-to-the-gulf-of-mexico/deepwater-horizon-accident.html
21. DeFarias B.V., Netto T.A., (2012). *FPSO Hull Structural Integrity Evaluation via Bayesian Updating of Inspection Data*, στο *Ocean Engineering*, τχ 56
22. De Vries W., (2009). *Compliant Bottom Mounted Support Structure Types*. Netherlands: Delft University of Technology
23. DiMattia D.G., Khan F.I., Amyotte P.R., (2005). *Determination of Human Error Probabilities for Offshore Platform Musters*, στο *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, τχ 18
24. *Dlouhy J. (April 2016). Overhaul Ordered for Blowout Devices Made Famous in BP Spill*. Προσπελάστηκε 3/11/2016 στο www.bloomberg.com/news/articles/2016-04-14/blowout-preventers-made-famous-in-bp-spill-to-get-an-overhaul
25. *Dlougy J. (April 2016). Tighter Monitoring Part of \$890 Million Offshore Drill Rules*. Προσπελάστηκε 3/11/2016 στο www.bloomberg.com/news/articles/2016-04-14/obama-orders-electronic-monitoring-of-offshore-wells-from-land
26. *Έκθεση του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου την αντιμετώπιση των προβλημάτων της ασφάλειας των υπεράκτιων δραστηριοτήτων εκμετάλλευσης κοιτασμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου (2011/2072(INI))* (Ιούλιος 2011). Στρασβούργο: Επιτροπή Βιομηχανίας, Έρευνας και Ενέργειας.
27. Energean Oil & Gas (Μάρτιος 2016). *Έργο Ανάπτυξης των Υπεράκτιων Εγκαταστάσεων Πρίνου: Μελέτη Περιβαλλοντικών και Κοινωνικών Επιπτώσεων*, Μη Τεχνική Περίληψη
28. *Ενσωματώνεται η σύμβαση Aarhus για το περιβάλλον* (8/11/2005). Προσπελάστηκε 23/6/2016 στο www.imerisia.gr/article.asp?catid=26510&subid=2&pubid=209943

29. Ένωση Ελλήνων Εφοπλιστών. *Πρόληψη Περιβαλλοντικής Ρύπανσης από Πλοία: Καθεστώτα Νομοθεσίας και Αποζημίωσης και Βιομηχανικά Πρότυπα*. Προσπελάστηκε 13/6/2016 στο www.nee.gr/downloads/94EEE%20pollution%20prevention%20brochure.pdf
30. *European Commission*. (Οκτώβριος 2011). *Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council*. Προσπελάστηκε 8/11/2016 στο https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/ia_annexes_20122-1292.pdf
31. *Guidelines for Quantitative Risk Assessment* (2005). Προσπελάστηκε 18/10/2016 στο <http://content.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl/documents/PGS3/PGS3-1999-v0.1-quantitative-risk-assessment.pdf>
32. Ζαραφονίτης Γ., *Εισαγωγή στη Ναυπηγική και Θαλάσσια Τεχνολογία*, Σημειώσεις (Σεπτέμβριος 2002). Αθήνα: ΕΜΠ
33. Zhang, H., Gao D., Liu, W., (2012) *Risk Assessment for Liwan Relief Well in South China Sea*, στο *Engineering Failure Analysis*. Προσπελάστηκε 10/9/2016 στο <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350630712000398>
34. *Η BP ευθύνεται για την πετρελαιοκηλίδα στο Μεξικό*. Αθηναϊκό-Μακεδονικό Πρακτορείο Ειδήσεων. Προσπελάστηκε 10/7/2016 στο www.real.gr/DefaultPrint.aspx?page=arthroprint&id=36390
35. Hare J., Johnson M. (2009). *Underlying Causes of Offshore Incidents*, στο Health and Safety Laboratory
36. *Helmea Navigator* (2012). *Τεχνικό Δελτίο: Υπεράκτιες εγκαταστάσεις στο Βόρειο-Ανατολικό Ατλαντικό*, τχ 91
37. Holmager M. (Ιούλιος 2010). *Offshore Book 2010: An introduction to the offshore industry*. Denmark: Offshore Center Denmark
38. Hopkins Taylor D., Casta R., RN, Van Walker, (κ.α.) (1993). *Air Medical Transport of Patients from Offshore Oil and Gas Facilities: Historical Accident Data and Initial Experience*, στο *Air Medical Journal*.
39. *Infield Rigs database* (2016). Infield Systems Ltd 2016. Προσπελάστηκε 15/6/2016 στο www.infield.com/rigs/polyarnaya-zvezda-polar-star-semisub-60911
40. International Association of Oil & Gas Producers (Φεβρουάριος 2003). *Disposal of disused offshore concrete gravity platforms in the OSPAR Maritime Area*. Report No: 338. Προσπελάστηκε 10/9/2016 στο <http://www.ogp.org.uk/pubs/338.pdf>

41. International Association of Oil & Gas Producers (Μάρτιος 2010). Blowout Frequencies. Report No: 434. Προσπελάστηκε 10/110/2016 στο <http://www.ogp.org.uk/pubs/434-02.pdf>
42. International Association of Oil & Gas Producers (Νοέμβριος 2012). *Decommissioning of offshore concrete gravity based structures (CGBS) in the OSPAR maritime area/ other global regions*. Report No: 484. Προσπελάστηκε 10/9/2016 στο <http://www.ogp.org.uk/pubs/484.pdf>
43. Jeom Kee Paik, Anil Kumar Thayamballi. (2007). *Ship-shaped Offshore Installations, Design, Building and Operation*. Cambridge: Cambridge University Press
44. Joint E&P Forum, United Nations Environment Programme (UNEP) (1997). *Environmental management in oil and gas exploration and production: An overview of the oil and gas exploration and production process*. Oxford, UK: Words and Publications. Προσπελάστηκε 10/6/2016 στο www.ogp.org.uk/pubs/254.pdf
45. Καθορισμός κανόνων, μέτρων και όρων για την αντιμετώπιση κινδύνων από ατυχήματα μεγάλης έκτασης σε εγκαταστάσεις ή μονάδες, λόγω της ύπαρξης επικίνδυνων ουσιών, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2012/18/ΕΕ. Κοινή Υπουργική Απόφαση 172058/2016, στο ΦΕΚ 354/Β/17-2-2016
46. Khan F.I, Sadiq R., Husain T., (2002). *Risk-Based Process Safety Assessment and Control Measures Design for Offshore Process Facilities*, στο Journal of Hazardous Materials, τχ Α94
47. Kaiser M.J. (2007). World Offshore Energy Loss Statistics, στο Energy Policy, τχ 35
48. Καρώνης Δ. Λόης Ε. Ζαννίκος Φ. *Προέλευση, Μηχανισμοί Συσώρευσης, Έρευνα και Παραγωγή Αργού Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου, στο Τεχνολογία Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου* (2011), Αθήνα: ΕΜΠ. Προσπελάστηκε 19/5/2016 στο www.chemeng.ntua.gr/courses/pngtech/news_files/webdoc_22_2_6_2014.pdf
49. Κελεμένης Ν. (2007). *Η Σύμβαση της Στοκχόλμης για τους Έμμορους Οργανικούς Ρύπους*. Πανεπιστήμιο Αιγαίου: Τμήμα Περιβάλλοντος
50. Kjellen U. (1990). *Safety Control in Design: Experiences from an Offshore Project*, στο Journal of Occupational Accidents, τχ.12,
51. Κοκολάκης Γ., Σπηλιώτης Ι. (2002). *Εισαγωγή στις Πιθανότητες*. Αθήνα: Συμεών

52. *Κύρωση Σύμβασης για τη βιολογική ποικιλότητα (1994)*. Νόμος 2204/1994, στο ΦΕΚ59, Α'. Προσπελάστηκε 23/6/2016 στο ethics.duth.gr/files/rio_convention_gr.pdf
53. *Κύρωση της Σύμβασης της Στοκχόλμης για τους έμμοιους οργανικούς ρύπους (Persistent organic pollutants - POPS)*, (2006), στο ΦΕΚ 52 Α'/13-03-2006
54. Lamb R., *How offshore drilling works*. Προσπελάστηκε 7/5/2016 στο <http://science.howstuffworks.com/environmental/energy/offshore-drilling2.htm>
55. Λήμμα: *Deepwater Horizon*, στο en.wikipedia.org. Προσπελάστηκε 11/7/2016
56. Λήμμα: *Gravity-based structure*, στο en.wikipedia.org/wiki/Gravity-based_structure. Προσπελάστηκε 28/6/2016
57. Λήμμα: *How Does a Tension Leg Platform (TLP) Work?*, στο http://www.rigzone.com/training/insight.asp?insight_id=305 . Προσπελάστηκε 16/10/2016.
58. Λήμμα: *Jack-up units* στο www.marinewiki.org. Προσπελάστηκε 26/6/2016
59. Λήμμα: *Jack-up units* στο www.petrowiki.org. Προσπελάστηκε 26/6/2016
60. Λήμμα: *Kolskaya (jack-up rig)*, στο [en.wikipedia.org/wiki/Kolskaya_\(jack-up_rig\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Kolskaya_(jack-up_rig)). Προσπελάστηκε 7/7/2016.
61. Λήμμα: *Spar Platform* στο www.globalsecurity.org/military/systems/ship/platform-spar.htm. Προσπελάστηκε 16/6/2016
62. Λήμμα: *Spar Platform* στο www.marin.nl/web/Ships-Structures/Offshore-structures/Spar.htm. Προσπελάστηκε 16/6/2016
63. Λήμμα *Spar Platform* στο www.marinescienceandtechnology.com/news/keywords/s/spar-platforms. Προσπελάστηκε 16/6/2016.
64. Λήμμα: *Tension Leg Platforms*, στο www.marinewiki.org. Προσπελάστηκε 14/6/2016.
65. Λήμμα: *Types of Offshore Structures based on location*, στο www.marinewiki.org. Προσπελάστηκε 14/6/2016.
66. Μαυράκος Σ. Α. (1998), *Μελέτη και Σχεδίαση Πλωτών Κατασκευών: Υδροδυναμική Ανάλυση*. Αθήν: ΕΜΠ
67. Μαυράκος Σ. Α., Χατζηγεωργίου Ι. Κ. (2007). *Αγκυρώσεις πλωτών κατασκευών*. Αθήνα: ΕΜΠ, Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών

68. Mearns K., Flin R. (1995). *Risk Perception and Attitudes to Safety by Personnel in the Offshore Oil and Gas Industry: A Review*, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, τχ 8
69. *Mumbai High North Field has Restored Production* (2002). India: Oil and Natural Gas Corporation. Προσπελάστηκε 6/7/2016 στο www.rigzone.com/news/oil_gas/a/24782/Mumbai_High_North_Field_has_Restored_Production
70. Nadim F, Kvalstad T. J. (2007). *Risk Assessment and Management for Offshore Geohazards*. Oslo, Norway: International Centre for Geohazards/Norwegian Geotechnical
71. Notarbartolo di Sciara G., Bearzi G., (Οκτώβριος 2009). *Εθνική Στρατηγική Προστασίας και Σχέδιο Δράσης για την προστασία των Κητωδών στην Ελλάδα, 2010-2015*. Αθήνα: Πρωτοβουλία για τη Διατήρηση Κητωδών στην Ελλάδα
72. Οδηγία 2006/507/EK του ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 14ης Οκτωβρίου 2004, για την αντιμετώπιση των κινδύνων που ενέχουν οι χημικές ουσίες (σύμβαση της Στοκχόλμης), στην Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Προσπελάστηκε 18/6/2016 στο <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=URISERV%3A121279>
73. Οδηγία 2013/30/EE του ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 12ης Ιουνίου 2013 για την ασφάλεια των υπεράκτιων εργασιών πετρελαίου και φυσικού αερίου και την τροποποίηση της οδηγίας 2004/35/EK, στην Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ιούνιος 2013). Προσπελάστηκε 18/6/2016 στο www.elliny.gr/includes/legislation/greek/Odigia_30_12jun13.pdf
74. Οδηγία 2014/52/EE του ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 16ης Απριλίου 2014, για την τροποποίηση της οδηγίας 2011/92/EE σχετικά με την εκτίμηση των επιπτώσεων ορισμένων σχεδίων δημοσίων και ιδιωτικών έργων στο περιβάλλον, στην Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ιούνιος 2013). Προσπελάστηκε 18/6/2016 στο eur-lex.europa.eu/eli/dir/2014/52/oj
75. OECD. (Μάιος 2016). *International Energy Outlook 2016*. Washington: U.S. Energy Information Administration. Προσπελάστηκε στι 9/9/2016 στο www.eia.gov/forecasts/ieo

76. *Offshore Exploration and Exploitation in the Mediterranean, Impacts on Marine and Coastal Environments* (2012). Προσπελάστηκε 17/10/2016 στο http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/FB3_en.pdf,
77. Παλαιολόγος Ε. (2007). *Ανάλυση Επικινδυνότητας. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις. Χανιά: Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος*
78. *Paleologos E. (2008). The Lost Value of Groundwater and its Influence on Environmental Decision Making. USA: Journal of Risk Analysis, τχ 28*
79. *Παναγιωτακόπουλος Δ. Χ. (2005) Συστημική Μεθοδολογία και Τεχνική Οικονομική. Θεσσαλονίκη: Ζυγός*
80. *Περιβαλλοντική Πληροφορία. Αθήνα: Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Προσπελάστηκε 26/6/2016 στο www.ypeka.gr/?tabid=467*
81. Pettersen T. (Αύγουστος 2013). *New suspects in Kolskaya platform disaster*. Προσπελάστηκε 5/7/2016 στο <http://barentsobserver.com/en/energy/2013/08/new-suspects-kolskaya-platform-disaster-09-08>
82. *Πλαίσιο για την ασφάλεια στις υπεράκτιες εργασίες έρευνας και εκμετάλλευσης υδρογονανθράκων, Άρθρο 02 (Άρθρο 2 της Οδηγίας 2013/30/ΕΕ). Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Προσπελάστηκε 10/10/2016 στο www.opengov.gr/minenv/?p=7089-*
83. Power L. D., Hayes D. A., Brown C. P. (1983). *Design of Guylines for the Lena Guyed Tower*. USA: The American Society of Mechanical Engineers. Προσπελάστηκε 17/5/2016 στο energyresources.asmedigitalcollection.asme.org/article.aspx?articleid=1412416
84. *Proposal for a regulation of the European parliament and of the council on safety of offshore oil and gas prospection, exploration and production activities, (2011). Βρυξέλλες: Κομισιόν. Προσπελάστηκε 17/10/2016 στο https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/ia_annexes_20122-1292.pdf*
85. Ren J., Jenkinson I., Wang J., Xu D.L., Yang J.B. (2008). *A Methodology to Model Causal Relationships on Offshore Safety Assessment Focusing on Human and Organisational Factors*. UK Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC)
86. *Rice J.A. (2006). Mathematical Statistics and Data Analysis. Belmont, USA: Thomson Higher Education*

87. *Risk Assessment Application for the Marine and Offshore Oil and Gas Industries* (2000). Houston, USA: American Bureau of Shipping. Προσπελάστηκε 10/6/2016 στο [www.shipsuperintendent.com/Welcome/\(S\)%20A031.pdf](http://www.shipsuperintendent.com/Welcome/(S)%20A031.pdf)
88. Rundmo T. (1994). *Associations between Safety and Contingency Measures and Occupational Accidents on Offshore Petroleum Platforms*, στο Scand J Work Environ Health, τχ 20,
89. Rundmo T., Hestad H., Ulleberg P., (1998). *Organisational Factors, Safety Attitudes and Workload among Offshore Oil Personnel*, στο Safety Science, τχ 29,
90. Sharples B. P. M., Bennett W. T. Jr., Trickey J. C., (1998). *Risk Analysis of Jackup Rigs*, στο Marine Structures, τχ 2,
91. Silcox W. H. (κ.α.). (1987). *Offshore Operations*, στο *Handbook of Petroleum Engineering*. Επιμ.: Howard Bradley. Texas: Society of Petroleum Engineers
92. Σκαβάρας Σπ. (2011). *Πρόληψη ρύπανσης θαλάσσιου περιβάλλοντος από τα πλοία*. Υπουργείο Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας και Ναυτιλίας: Επιστημονική Επιτροπή Ειδικότητας Ναυπηγών Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας. Προσπελάστηκε 29/5/2016 στο library.tee.gr/digital/m2575/m2575_skavaras.pdf
93. Skaug L. C. (1998). *New designs advance spar technology into deeper water*, στο *Oil and Gas Journal*. Texas: PennWell Corporation. Προσπελάστηκε 24/6/2016 στο www.ogj.com/articles/print/volume-96/issue-44/in-this-issue/general-interest/new-designs-advance-spar-technology-into-deeper-water.html
94. Skogdalen J.E., Vinnem J.E., (2011). *Combining Precursor Incidents Investigations and QRA in Oil and Gas Industry*, στο Reliability Engineering and System Safety
95. Skogdalen J.E., Vinnem J.E., (2011). *Quantitative Risk Analysis of Oil and Gas Drilling, Using Deepwater Horizon as Case Study*, στο Reliability Engineering and System Safety
96. Signoret J.P., Leroy A., (1985). *The 1800 m Water Depth Drilling Project: Risk Analysis*, στο Reliability Engineering, τχ 11.
97. Σταματάκη Σ. (2001). *Τεχνολογία Γεωτρήσεων*. Αθήνα: ΕΜΠ. Προσπελάστηκε 15/5/2016 στο www.metal.ntua.gr

98. Σταματάκη Σ. (2003). *Ολοκλήρωση Γεωτρήσεων*. Αθήνα: ΕΜΠ, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών. Προσπελάστηκε 18/5/2016 στο www.metal.ntua.gr/uploads/2331/Kef_10_2003.pdf
99. Σταματάκη Σ. (2003). *Περιστροφική Διάρθρωση-Μηχανολογικός Εξοπλισμός*. Αθήνα: ΕΜΠ, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών. Προσπελάστηκε 7/5/2015 στο www.metal.ntua.gr/uploads/2284/Kef_1_2003.pdf
100. *Subsea Well Access and BOP System Market by Type [Well Access System Type (Riserbased WAS and Riserless WAS) and BOP Type (Annular BOP and RAM Type BOP)] and Geography - Global Trends & Forecasts to 2019. (April 2014)*. Προσπελάστηκε 3/11/2016 στο www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/subsea-well-access-bop-system-market-231420747.html
101. Συμφωνία για την Διατήρηση των Κητωδών στην Μαύρη Θάλασσα, την Μεσόγειο Θάλασσα και την Συγκείμενη Ζώνη του Ατλαντικού (ACCOBAMS). Ινστιτούτο Κητολογικών Ερευνών "Πέλαγος". Προσπελάστηκε 26/6/2016 στο www.pelagosinstitute.gr/gr/pelagos/accobams.html
102. Σύμβαση για τους Υγροβιότοπους διεθνούς σημασίας (RAMSAR). Κύπρος: Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος, Τμήμα Περιβάλλοντος. Προσπελάστηκε 23/6/2016 στο www.moa.gov.cy/moa/environment/environment.nsf/All/E30B71C978D2B84DC22578B8003538F9
103. Vinnem J.E. (1998). *Evaluation of Methodology for QRA in Offshore Operations*, στο Reliability Engineering and System Safety, τχ 61
104. Vinnem J.E., Bye R., Gran B.A. (κ.α.) (2005). *Risk Modelling of Maintenance Work on Major Process Equipment on Offshore Petroleum Installations*, στο Journal of Loss Prevention in the Process Industries, τχ 25
105. Vinnem J.E., (2011). *Evaluation of Offshore Emergency Preparedness in View of Rare Accidents*, στο Safety Science, τχ 49
106. Flohberger M.L. (2010). *Master's Thesis: Suggested Improvements for Ship-Installation Collision Risk Models to Reflect Current Collision Avoidance Systems*. Norway: University of Stavanger

107. Frieze P., *Offshore structure design and construction*. UK: Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS). Προσπελάστηκε 27/5/2016 στο www.eolss.net/sample-chapters/c05/e6-177-od-01.pdf

108. Xue L., Fan J., Rausand M., Zhang L. (2012). *A Safety Barrier-Based Accident Model for Offshore Drilling Blowouts*, στο Journal of Loss Prevention in the Process Industries